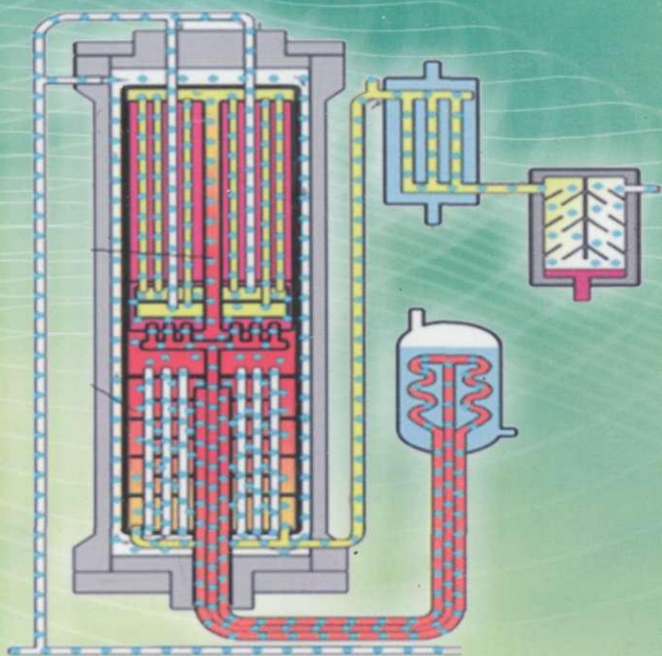


**N. KATTAYEV, G. IXTIYAROVA,  
M. MUHAMEDIYEV, X. MIRZAHIDOV**

# **KIMYO TEXNOLOGIYASI**



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS  
TA‘LIM VAZIRLIGI**

**N. KATTAYEV, G. IXTIYAROVA,  
M. MUHAMEDIYEV, X. MIRZAHIDOV**

# **KIMYO TEXNOLOGIYASI**

*O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi  
Oliy o‘quv yurtlarining 5440400 – Kimyo yo‘nalishi talabalari  
uchun darslik sifatida tavsiya etgan*

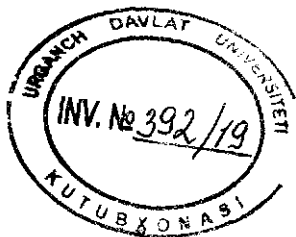
**O‘ZBEKISTON FAYLASUFLARI  
MILLIY JAMIYATI NASHRIYOTI  
TOSHKENT — 2012**

UDK: 66.01(075)  
KBK 35ya722  
K45

Kattayev N.

**Kimyo texnologiyasi** : darslik / N. Kattayev va boshq. ; O'zbekiston Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi - Toshkent ; O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti , 2012 - 400 b .

I. Ixtiyarova G.  
II. Muhamediyev M.  
III. Mirzahidov X.



UDK: 66.01(075)  
KBK 35ya722  
K45

Ushbu darslik kimyoviy texnologiyaning umumiy masalalari, nazariy asoslari, muhim kimyoviy ishlab chiqarish qismlaridan iborat. Darslik 5440400 – Kimyo yo'nalishi Davlat ta'lim standarti va ushbu yo'nalish uchun «Kimyo texnologiyasi» fani o'quv dasturi talablari doirasida tayyorlangan.

Unda kimyoviy jarayonlarning qonuniyatlari va kimyoviy reaktorlarning nazariy asoslari yoritildi, modda va energiyani tejash masalalari, fan va texnikaning so'nggi yutuqlari asosida yaratilgan yangi qurilmalar va jarayonlarni bayon etishga alohida e'tibor qaratildi. Muhim kimyoviy ishlab chiqarishlar, O'zbekistondagi mavjud kimyo korxonalar ishlab chiqarishining texnologik prinsiplari, chiqindisiz va kam chiqindili ishlab chiqarish jarayonlarining tuzilishi keng bayon qilindi. Shu sohadagi boshqa darsliklardan farqli jihatli polimerlarni qayta ishlash jarayonlari texnologiyasi kengroq yoritilgan. Darslik bilan birgalikda uning elektron varianti ham tayyorlangan. Elektron variantidagi ilustratsiyalar animatsiya ko'rinisida bo'lib, mavzularni o'zlashtirishni osonlashtiradi. Undan tashqari, elektron variant ovoz berish bilan ham yoritiladi.

#### **Taqrizchilar:**

- A. Yo'Ichiboyev** — kimyo fanlari doktori, O'zbekiston Milliy universitetining Noorganik va analitik kimyo kafedrasida professori;
- A. Sidiqov** — kimyo fanlari doktori, Toshkent kimyo-texnologiya instituti dotsenti.

ISBN 978-9943-391-36-9

© O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2012.

## SO‘ZBOSHI

Kimyo fani jamiyatning bevosita ishlab chiqaruvchi kuchiga aylanganligiga e’tiroz bildiradigan kishi bo‘lmasa kerak. Ammo texnologiya borligi uchungina kimyo ishlab chiqaruvchi kuchga aylanganligini hamma ham anglab yetmaydi. Kimyo texnologiyasi tufayli hozirgi kunda qudratli kimyo korxonalari xalq xo‘jaligining barcha tarmoqlariga mahsulotlar yetkazib bermoqda, turmush darajasi o‘shib borishini ta‘minlashda salmoqli hissa qo‘shmoqda. O‘zbekistonda kimyoning rivojlanishida 1918-yilda Turkiston — hozirgi O‘zbekiston Milliy universitetining tashkil etilishi muhim rol o‘ynadi. Natijada kimyoning turli sohalarini bo‘yicha o‘zbek olimlari, akademiklar yetishib chiqdi.

Respublikamizda kimyo va kimyoviy texnologiya fanlarini rivojlantirishda akademiklardan: N. Yusufbekov, Z. Salimov, B. Beglov, S. To‘xtayevlar, professorlardan: N. Rizayev, S. Zokirov, A. Ortiqov, Sh. G‘ulomov, P. Levsh, M. Yusupov salmoqli hissa qo‘shdilar.

O‘zbekiston fanlar akademiyasining a‘zolari O. Sodiqov, S. Yunusov, H. Usmonov, M. Nabiyev, K. Ahmedov, M. Asqarov, S. Rashidovalar yaratgan maktablarining xizmatlari katta ahamiyatga ega bo‘ldi.

Respublikamizda „Ta‘lim to‘g‘risida“ qonun, 1997-yilda Milliy dastur, 2001-yilda oliy ta‘limning davlat standartlari qabul qilindi. O‘quv jarayonini takomillashtirish va hozirgi zamon talablariga javob beradigan kadrlar tayyorlash maqsadida Davlat ta‘lim standartlari 2010-yilda yana qayta ko‘rib chiqildi.

Milliy dasturda kadrlar tayyorlashning mavjud tizimi, ahvoli va muammolari sistemali tahlil etilgan bo‘lib, uning qayta isloh qilinishi va yangi modelni yaratilish zaruriyati asoslab berilgan. Uning maqsadi Yuqori malakali raqobatbardosh kadrlar tayyorlashning yaxlit tizimini barpo etish strategiyasi hamda asosiy yo‘nalishlarining komponentlari: shaxs, jamiyat va davlat, uzluksiz ta‘lim, fan, ishlab chiqarishning vazifalarini hal etishni nazarda tutadi.

Taraqqiyotimiz darajasini muttasil o‘shib borishini ta‘minlab, ishlab chiqarilayotgan mahsulotlar miqdori va sifatini oshirish iqtisodiy va sotsial muammolarni keng ko‘lamda kompleks hal qilishda asosiy omillardan biri bo‘lgan yetuk mutaxassislar tayyorlash ishi muhim vazifalardan biri ekanligi zamon taqozosidir.

Oliy ta‘lim oldida turgan muhim vazifa tayyorlanadigan mutaxassislar saviyasini yuqori pog‘onaga ko‘tarish, texnologik jarayonlarga suyanib ish ko‘ruvchi, yangi g‘oyalarni amalga oshiruvchi, fanni ishlab chiqarish bilan bog‘lovchi milliy dastur talablariga to‘liq javob beradigan yetuk kadrlar

tayyorlashdan iboratdir. Bu esa o'z navbatida davlat tilida zamon talablariga javob bera oladigan darslik va o'quv qo'llanmalar yaratilishini taqozo etadi.

Istiqlol tufayli respublikamizda bo'lmagan mavhum ishlab chiqarishlar haqida emas, balki avvalo o'zimizda rivojlangan kimyoviy ishlab chiqarishlar va ularning xomashyo manbalari kengroq yoritilgan kitoblarga ehtiyoj ortmoqda.

Ushbu ehtiyoj tufayli yozilgan mazkur darslik 2001-yil 16-avgustda "Oliy ta'limning davlat ta'lim standartlarini tasdiqlash to'g'risida"gi qarorga asoslanib, Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy Universiteti tomonidan tayyorlangan va 2006-yil 10-avgustda Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan tasdiqlangan universitetlarning 5440400-Kimyo bakalavr ta'lim yo'nalishi talabalariga mo'ljallangan namunaviy dastur asosida yozilgan bo'lib, unda keltirilgan mavzularning iloji boricha qat'iy va tushunarli bo'lishiga harakat qilindi.

Darslikda hozirga qadar faqat rus tilidagina mavjud bo'lgan darslik va qo'llanmalarda, hamda dasturlarda bo'lmagan ayrim mavzular ham (masalan: silikatlar texnologiyasi, vodorod sulfiddan oltingugurt ishlab chiqarish, nitron tolasi ishlab chiqarish va boshqalar) o'rin olgan.

Ko'pgina mavzularda texnologik sxemalarning yangi jarayonlari bayon etilgan (masalan: sulfat kislota ishlab chiqarishda IK/IA sistemasi, olib qo'yiladigan havo sovitgichlari bo'lgan kontakt uskunalari: ammiak sintezida qaynovchi qavatli katalizatorli sintez kolonnasi, metan konversiyasida isgazi va metanning birgalikdagi konversiyasi va hokazo).

Darslikni o'qib chiqib o'zlarining taqrizlarida foydali fikr va mulohazalarini berganliklari uchun Toshkent kimyo texnologiya instituti "Noorganik va elektrkimyo ishlab chiqarish texnologiyasi" kafedrasini mudiri prof., t.f.d. A. Otaqoziyevga, shu kafedra professorlari P. X. Mansurov, Sh.A. Yakubovlarga o'z minnatdorchiligimizni bildiramiz.

Xolisona maslahatlari uchun BuxDU umumiy va anorganik kimyo kafedrasining mudiri professor, kimyo fanlari doktori O. M. Yoriyevga, UZMU professori A. A. Yulchibayevga mualliflar o'z tashakkurlarini bildiradi.

Darslik mualliflarning ko'p yillik pedagogik tajribasidan kelib chiqib yozilgan bo'lsa-da, o'zbek tilida birinchi marta yozilganligi uchun ayrim kamchiliklardan xoli bo'lmashligi mumkin. Shu sababli mualliflar darslikni yanada takomillashtirishga qaratilgan barcha fikr va mulohazalarni mamnuniyat bilan qabul qiladi va oldindan o'z minnatdorchiligini bildiradi.

# I bob. KIMYO TEXNOLOGIYASINING ASOSIY TUSHUNCHA VA TA'RIFLARI

## 1.1. Kimyo texnologiyasi fani va uning muhim vazifalari

Texnologiya so'zi grekcha «texnos» — *kasb, hunar, mahorat*, «logos» — *fan* so'zlaridan olingan bo'lib, kasb, hunar haqidagi fan demakdir. Ammo bunday ma'no hozirgi zamon texnologiyasining mazmuniga to'liq mos kelmasa-da, tarixiy nom sifatida saqlanmoqda. Texnologiya — tabiiy xomashyolarni qayta ishlab, iste'mol mahsulotlari va ishlab chiqarish vositalariga aylantirish usullari va jarayonlarini o'rganadigan fandir. Qayta ishlash usullari — xomashyo tayyor mahsulotga aylanguncha qo'llaniladigan barcha operatsiyalar (texnologik jarayon davomida bajariladigan har bir ayrim ish) majmuyidir. Har qanday kimyoviy mahsulotni ishlab chiqarish bir qancha mexanik, kimyoviy va fizik-kimyoviy jarayonlardan iboratdir. Ular birgalikda texnologiya jarayonini tashkil etadi. Texnologiya termini, obrazli qilib aytganda, fan bilan ishlab chiqarishni bog'lovchi ko'prikdir. Texnologiyaga berilgan bu ta'rif uning ikki yoqlama xarakterini belgilaydi. Texnologiya ishlab chiqarish va ishlab chiqarish jarayonlarining bir butunligi haqidagi fan deyish mumkin.

Xomashyoni qayta ishlab mahsulotga aylantiradigan mashina-uskunalar majmuyiga texnologik tizim deyiladi. Tegishli mashina va uskunalarda boradigan operatsiyalarni birin-ketin ta'riflash yoki grafik shaklda tasvirlash texnologik sxema deb ataladi.

Texnologiya mexanik va kimyoviy texnologiyaga bo'linadi.

Mexanik texnologiya qayta ishlanadigan materiallarning faqat shakli va ba'zan fizikaviy xossalari o'zgarish jarayonlarini o'rganadi. Kimyoviy texnologiya moddalar tarkibi, xossalari va tuzilishining o'zgarishi bilan boradigan jarayonlarni hamda bu jarayonlarni amalga oshirish uchun zarur bo'lgan uskunalarni o'rganadi. Bunday bo'lish nisbatan shartlidir, chunki ba'zan, moddalarga mexanik ishlov berilganda ularda kimyoviy reaksiyalar ham boradi. Masalan: cho'yan yoki po'latni suyuqlantirib suyuqlanmalarini quyish jarayoni mexanik texnologiyaga kiradi, ammo unda kimyoviy reaksiyalar ham bo'ladi, kimyoviy jarayonlar esa o'z navbatida mexanik jarayonlar bilan birgalikda sodir bo'ladi.

Kimyoviy texnologiyaning muhim vazifasi kimyoviy mahsulotlarni ishlab chiqarish, u yoki bu kimyoviy reaksiyalarning borishi uchun qulay, optimal iqtisodiy samarali usullar va sharoitlarni qidirib topishdir. Kimyoviy texnologiya xomashyoni kimyoviy qayta ishlashni boshqarish jarayonlarini, sotsial va iqtisodiy faktorlarni resurslar bilan ta'minlash va ishlab

chiqarishdagi xavfsizlikni ta'minlash, parametrlarning (harorat, bosim, jarayon, konsentratsiya, xomashyoni qayta ishlash tezligi va boshqalar) optimal qiymatlarini topish, uskunalarni tayyorlash uchun materiallarni tanlash jarayonining texnologik sxemasini yaratish va ishlab chiqarishni yo'lga qo'yish kabi ishlarni bajaradi. Bularni amalga oshirishda u kimyo va fizikaning fundamental qonunlaridan foydalanadi.

## 1.2. Kimyo sanoatining ahamiyati

Kimyo sanoati xalq xo'jaligining eng inqilobiy tarmog'i bo'lib, butun iqtisodiy taraqqiyotga hal qiluvchi ta'sir ko'rsatadi. Kimyo sanoatining xomashyosi bu — bitmas-tuganmas arzon va tekin moddalar: tuproq, suv, havo; arzon tabiiy qazilmalar: neft, gaz, toshko'mir, torf, slanets, rudalar, hatto atrof-muhitni ifloslovchi chiqindilar, tutunlar, zaharli gazlar va boshqalardir.

Kimyo sanoati mana shu xomashyolardan xalq xo'jaligining qariyb barcha tarmoqlari uchun bir necha o'n minglab qimmatbaho mahsulotlar: plastmassalar, kauchuk va rezina, kimyoviy tolalar, jun, ipak, charm, o'g'itlar, bo'yoqlar, loklar, chinni buyumlar, shisha, sement, spirtlar, kislotalar, erituvchilar, motor yoqilg'ilari, surkov moylari, portlovchi moddalar, koks, rangli va qora metallar va ularning qotishmalari, doridarmonlar, hatto ayrim oziq-ovqat mahsulotlari va boshqalar ishlab chiqarmoqda. Ularning ko'pchiligi tabiatda uchramaydi, sifati jihatidan tabiiy mahsulotlardan qolishmaydi, hatto ba'zi xossalari bo'yicha ulardan ustun turadi. Faqat rezinadan 30 ming, plastmassadan esa 50 ming nomda buyumlar ishlab chiqarilmoqda. Kimyo sanoatida hozirgi paytda 50 mingdan ortiqroq nomda kimyoviy mahsulotlar ishlab chiqarilmoqda. Planetamizda aholi sonining progressiv o'sib borishi, ekin maydonlarining cheklanganligi, oziq-ovqat mahsulotlarining yetishmasligi sababli avvalo hayvonlar uchun  $\text{CaHPO}_4$  va  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  larni mol ozuqasiga qo'shib beriladi), keyinchalik esa odamlarning bevosita iste'moli uchun sun'iy va sintetik oziq-ovqat mahsulotlari, ayniqsa oqsil moddalarni mikrobiologik sintez yo'li bilan ishlab chiqarish ehtiyoji tug'ildi. Keyingi yillarda oqsilli preparatlarni yirik sanoat korxonalarida mikrobiologik sintez yo'li bilan ishlab chiqarish yo'lga qo'yildi. Bunda xomashyo sifatida parafinlar, spirtlar va organik kislotalar, katalizator sifatida esa fermentlardan foydalaniladi. Dunyo bo'yicha ishlab chiqarilayotgan neftning (har yili dunyoda taxminan 2,5 mlrd. t neft qazib olinmoqda) atigi 4 %i mikrobiologik sintez yo'li bilan qayta ishlansa yer yuzi aholisining (ularning soni hozirgi kunda 6 mlrd kishi) oqsilga bo'lgan talabini qondirish mumkin. Dunyodagi ko'pgina

rivojlangan mamlakatlarda biotexnologik usullar yordamida oziqa oqsili, oqsil vitaminli konsentratlar, fermentlar, turushlar, aminokislotalar, gormonlar, masalan, o'sish garmoni somatotropin, antibiotik dorilar va boshqalar ishlab chiqarilmoqda.

### **1.3. Kimyoviy ishlab chiqarishning paydo bo'lishi va taraqqiyoti**

Kimyoviy ishlab chiqarish juda qadimdan, hatto ibtidoiy jamoa davrlaridan boshlangan. Olov kashf etilgach, eng avval kulolchilik va me'morchilik, ko'hna hunarmadchilik paydo bo'lgan. Loydan yasalgan buyumlar olovda pishirilgan. Metall va ularning oksidlari olovda suyuqlantirib, mehnat va ov qurollari yasalgan. Eng avval sharq xalqlari, O'rta yer dengizi sohillarida yashagan xalqlar: misrliklar, finikiyaliklar, greklar, eronliklar; Uzoq Sharqda esa yaponlar va xitoyliklarda kimyoviy texnologiyaga oid bilimlar rivoj topgan. Ayniqsa Misrda kimyoga oid bilimlar boshqa mamlakatlarga nisbatan juda rivojlangan. Misrliklar kulolchilik buyumlari ustiga sir berishni ham bilganlar. Xiva shahrining 4500 yillardan beri saqlanib kelayotgan qadimgi yodgorliklarida kulollar va shishasozlarning sur'atlari bor. Arxeologik qazilmalar natijasida eramizdan ilgari 1700-yillarga to'g'ri keladigan rang-barang shisha vazalar topilgan. Eramizdan 2900 yil oldin qurilgan Xufu piramidasi da po'lat iskana bo'lgan.

Ayniqsa rudalardan metall ajratib olish, avval (5 ming yil ilgari) "bronza asri", keyinchalik (3 ming yil ilgari) "temir asri" davrida, dastlab bronza, keyinchalik temir va ulardan turli buyumlar yasash keng taraqqiy etgan. Eramizdan 2000 yil ilgari misrliklar: ko'k, purpur, qirmizi, alizarin kabi bo'yoqlarni olishni bilganlar. Xitoyliklar II asrda qog'oz, VI asrda chinni, XIII asrda qora poroxni ishlab chiqara boshlaganlar, XV asrga kelib Yevropada bir qator kislota, ishqor va tuzlar, turli farmatsevtik preparatlar, ba'zi bir organik moddalar ishlab chiqaruvchi kichik-kichik korxonalar paydo bo'ldi. XVI asr oxirlari va XVII asr boshlarida Rossiya imperiyasida bo'yoqlar, selitra, porox, soda va sulfat kislota ishlab chiqaruvchi shunday korxonalar ish boshladi.

Kimyoviy texnologiya XVIII asrning oxirlarida mustaqil fan sifatida paydo bo'ldi va Yevropada universitetlar va texnik oliy o'quv yurtlarida mustaqil fan sifatida o'qitila boshlandi.

Texnologiya so'zi dastlab Gyotengem universiteti professori I. Begman tomonidan fanga kiritilgan. U 1772-yilda birinchi bo'lib kimyoviy texnologiya kitobini chiqardi. 1795-yilda I. F. Gemelinning ikki tomli



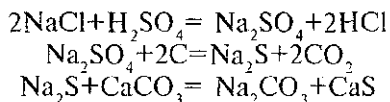
«Texnik kimyo bo'yicha qo'llanma» nomli darsligi chop etildi. Bu kitob 1803-yilda rus tiliga tarjima qilindi. Shu yildan boshlab Rossiya oliy o'quv yurtlarida ham asosiy fan sifatida o'qitila boshlandi. 1828-yilda F. A. Denisovning «Umumiy texnologiyaning to'liq kursi», 1851-yilda P. A. Ilenkovning «Kimyoviy texnologiya kursi» kitoblari chop etildi. Shu davrlarda Yevropa va dunyoning ko'pgina mamlakatlarida bir qancha kimyoviy texnologiya darsliklari, ilmiy adabiyotlar chop etildiki, bu hofat kimyoviy ishlab chiqarishning tez sur'atlarda rivojlanib borishini ta'minladi. Kimyoviy sanoatning taraqqiyot tarixida ba'zi bir muhim voqealar sifatida quyidagilarni misol keltirish mumkin.

1748-yilda Angliyaning Bermingem shahrida qo'rg'oshinli kameralarda (kamerali usulning boshlanishi) sulfat kislota sanoat miqyosida ishlab chiqarila boshlandi. 1805—1810-yillarda kamerali usulda sulfat kislota ishlab chiqarish Angliya va Fransiyada keng taraqqiy qildi. 1804-yilda Rossiyada, 1820-yilda Olmoniyada sulfat kislota ishlab chiqarila boshlandi.

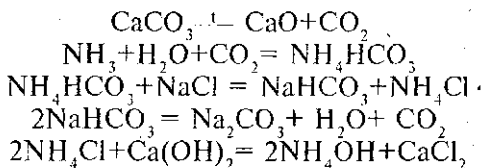
1787—1789-yillarda N. Leblan soda ishlab chiqarishning sanoat usulini yaratdi. Leblan usuli bilan 1823-yilda Angliyada birinchi marta soda ishlab chiqarish zavodi ishga tushirildi. 1861-yilda soda ishlab chiqarishning ammiakli usuli — Solve usuli kashf etildi.

Leblan va Solve usullarida soda ishlab chiqarish quyidagi reaksiyalarga asoslangan:

### 1. Leblan usuli:



### 2. Solve usuli:



1886-yilda kontakt usulida sulfat kislota ishlab chiqarila boshlandi. 1855-yilda Bessemer, 1864-yilda Marten usulida po'lat ishlab chiqarish yo'lga qo'yildi. XIX asrning o'rtalariga kelib organik sintez sanoati taraqqiy eta boshladi, organik bo'yoqlar, sintetik dori-darmonlar, parfyumeriya mahsulotlari ishlab chiqarila boshlandi. Yu. Libixning 1840-yilda chop etilgan ilmiy ishlariga asoslangan holda kimyo sanoatining yangi tarmog'i — mineral o'g'itlar ishlab chiqarish yo'lga qo'yildi. 1912-yilda azot va vodoroddan

sanoatda Gaber usuli bilan ammiak sintezlashning yo'lga qo'yilishi kimyo sanoati taraqqiyotida inqilobga olib keldi, deb aytish mumkin. 1932-yilda V.S. Lebedev usulida sintetik kauchuk ishlab chiqarish tarmog'i paydo bo'ldi. 1930—50-yillarda N. N. Semyonovning zanjirli reaksiyalari sohasidagi kashfiyotlari natijasida yuqori molekular birikmalar: polietilen, polistiro, polivinilxlorid va boshqalar sintezi, plastmassalar, sintetik smolalar, sun'iy va sintetik tolalar ishlab chiqarishlar oldindan belgilab qo'yilgan xossali birikmalar olishning yangi davrini boshlab berdi.

Kimyoviy texnologiya fanining paydo bo'lishi va rivojlanishida katta hissa qo'shgan buyuk olimlardan: I. F. Glauber (1604 — 1670), M.V. Lomonosov (1711-1765), N. Leblan (1742-1806), A. L. Lavuaz'e (1743-1791), I. F. Gemelin (1750-1817), N. N. Zinin (1812-1880), I. E. Marten (1824-1915), D. I. Mendeleev (1834-1907), E. G. Solve (1838-1922), F. Geber (1868-1934), I. I. Andreyev (1880-1919), B. V. Bikov (1880-1934), S. I. Volfkovich (1896-1980), A. G. Kasatkin (1903-1963) va boshqalarni ko'rsatish mumkin.

#### **1.4. O'zbekistonda kimyoviy ishlab chiqarishning paydo bo'lishi va taraqqiyoti**

O'zbekistonda kimyo sanoatini barpo etish va uni rivojlantirish uchun zarur bo'lgan xomashyo bazasi va shart-sharoitlar hammasi yetarli darajada mavjud bo'lgan bo'lsa ham kimyo sanoati nisbatan ancha kech paydo bo'ladi.

O'zbekistonda eng keksa kimyoviy ishlab chiqarish korxonasi (kichik-kichik keramik buyumlari ishlab chiqarishni hisobga olmaganda) 1906-yilda Farg'onada Vannov stansiyasi yaqinida qurilgan neftni qayta ishlash zavodidir. Ikkinchi shunday zavod Farg'onada (Melnikov nomli) 1915-yilda qurildi. Ularda asosan kerosin olinar edi va u yoritish maqsadida ishlatilgan (chiroqlarda yoqilgan).

Keyinchalik Toshkentda lok-bo'yoq va soda zavodlari (1920-y.), Bekobod sement va ohak zavodlari (1926-y.) qurilib ishga tushirilgan. O'zbekiston sobiq ittifoq tarkibida eng yirik paxta ishlab chiqaruvchi xo'jaliklarga ega bo'lgani uchun, unda kimyo sanoatining vujudga kelishi asosan paxtachilik uchun zarur bo'lgan o'g'itlar ishlab chiqarish korxonalarining qurilishidan boshlandi. 1940-yilda respublikamiz kimyo sanoatining giganti — Chirchiq elektrokimyo kombinati qurilib ishga tushirildi. Kombinat o'sha yilning o'zidayoq qishloq xo'jaligimiz uchun 1 ming 600 t mineral o'g'it ishlab chiqardi. 1942-yilda Qo'qon superfosfat zavodi, 1965-yilda Navoiy kimyo kombinati, 1975-yilda Olmaliq ammos fosforit zavodlari, 2000-yilda qizilqum fosforit zavodi qurilib ishga tushirildi. 1985-yilga kelib respublikamiz to'yimli moddalarini

100 foizga aylantirib hisoblaganda 1 mln. 592 ming t mineral o'g'it ishlab chiqardi va o'g'it ishlab chiqarish bo'yicha Bolgariya, Vengriya, Polsha, Yugoslaviya, Chexoslovakiyadan ham o'zib ketdi. Hozirgi paytda O'zbekiston Yaponiya bilan taxminan teng miqdorda o'g'it ishlab chiqarmoqda. Respublikamizda qurilish materiallarining asosi bo'lgan sement ishlab chiqarishning to'ng'ich korxonasi Bekobod sement zavodidir (1926-y.), keyingi yillarda Quvasoy (1932-y.) va Angren (1949-y.) sement zavodlari, 1968-yilda Ohangaron, 1978-yilda Navoiy sement zavodlari qurilib ishga tushirildi. Natijada respublikamizning sementga bo'lgan ehtiyoji to'la qondirildi. Bu esa O'zbekistonda qurilish ishlarining rivojlanishiga katta ijobiy ta'sir ko'rsatdi. Ikkinchi jahon urushidan keyingi tinch qurilish yillarida chinni sanoati barpo etildi. Eng avval Toshkent chinni zavodi (1954-y.), keyinchalik Samarqand chinni zavodi (1975-y.), Angren chinni va keramika buyumlar ishlab chiqarish kombinati (1976-y.), Quvasoy chinni va shisha buyumlari zavodlari (1979-y.) qurilib ishga tushirildi. Shuningdek, respublikada po'lat ishlab chiqarish korxonasi — Bekobod elektr po'lati olish zavodi (1944-y.), Chirchiq, Samarqand, Oltin topgan (1965-y.), Olmaliq (1980-y.) sulfat kislotasi ishlab chiqarish zavodlari, ko'pgina boshqa anorganik moddalar ishlab chiqarish korxonalari: *Olmaliq tog'-kon metallurgiya kombinati*, Angren kimyo metallurgiya zavodi, plavik shpat korxonalari, Ingichka va Qo'yotosh ruda kombinatlari, Muruntov tog'-metallurgiya kompleksi, Zarafshon tog'-kon metallurgiya zavodi va boshqalar qurilib ishga tushirildi.

O'zbekistonda organik kimyo sanoati boshqa sanoat tarmoqlariga qaraganda juda tez sur'atlar bilan rivojlandi. Organik kimyo sanoatining xomashyosi asosan, ko'mir, neft, gaz, yog'och chiqitlaridir. Bizda ayniqsa gaz, g'o'zapoya zaxiralari ancha katta, neft va ko'mir ham bor. Mana shu ashyolar respublikamiz organik kimyo sanoatining paydo bo'lishi va rivojlanishiga sabab bo'ldi.

O'zbekistonda 1976-yilda 36,1 mlrd. m<sup>3</sup> gaz ishlab chiqarildi va bu sohada shu yilgacha Polsha, Yaponiya, Fransiya kabi yirik mamlakatlardan ham o'zib ketdi.

Organik moddalar ishlab chiqarish sanoatining gigantlaridan biri 1965-yilda qurilib ishga tushirilgan «Navoiy azot» ishlab chiqarish birlashmasidir. Unda tabiiy gaz kompleks qayta ishlanadi. Ushbu korxonaning ishga tushirilishi natijasida respublikamizda birinchi marta yangi sanoat mahsulotlari, yuzlab organik sintez mahsulotlarining xomashyosi hisoblangan atsetilen, atsetaldegid, sirka kislotasi, metil spirti, akrilonitril va boshqa bir qancha mahsulotlar ishlab chiqarish yo'lga qo'yildi. 1972-yilda bu kombinatda sintetik jun — nitron tolasi ishlab chiqarila boshlandi. Hozirgi paytda bu kombinatda yiliga 20 ming tonna turli rangda bo'yalgan nitron ishlab chiqarilmoqda.

1969-yilda Farg'ona sun'iy tola-atsetat ipagi ishlab chiqarish zavodi ishga tushirildi. Bu zavod yiliga 70—80 ming t atsetat ipagi ishlab chiqaradi. 1982-yilda Chirchiq elektrokimyó kombinati kaprolaktam ishlab chiqaruvchi yirik sex ishga tushirildi. Shuningdek, 1979—81-yillarda ishga tushgan Olmaliq kimyo zavodida sintetik kir yuvish vositalari, shámpunlar, mashina moylari, naftalin, loklar, bo'yoqlar, bolalar o'yinchoqlari va boshqa o'nlab mahsulotlar ishlab chiqarilmoqda. Namangan kimyo zavodida polietilen plyonkalari, Jizzax va Ohangaron plastmassa kombinatlarida plastmassa quvurlari ishlab chiqarilmoqda. Sho'rtan gaz kimyo kompleksi 2002-yilda qurilib ishga tushirildi. Unda har yili 125 ming tonna polietilen, 100 ming tonna oltingugurt va ming tonna suyuq propan gazi ishlab chiqarilmoqda. Bulardan tashqari respublikamizda Farg'ona furan birikmalari kimyo zavodi (1942-y.), Yangiyo'l biokimyó zavodi, Andijon gidroliz zavodi (1953-y.), Toshkent va Farg'onada polivinilxlorid asosida ishlab chiqariladigan sun'iy chirm zavodlari, Toshkent va Guliston margarin zavodlari, Toshkent farmatsevtika, Farg'ona sun'iy qorako'l zavodlari va boshqa o'nlab korxonalar organik kimyo mahsulotlari ishlab chiqarmoqda.

Hozirgi paytda respublikamizda jami 36 ta kimyo va neft kimyosi sanoati korxonalari, 3 ta qora metallurgiya sanoati korxonasi, 9 ta chinni va shisha buyumlari sanoati korxonalari, 13 ta yoqilg'i sanoati korxonalari ishlab turibdi. O'zbekistonda kimyoviy mahsulotlarning ba'zi muhim turlarini ishlab chiqarishning o'sish sur'atlari 1-jadvalda berilgan:

1-jadval

**O'zbekistonda kimyoviy mahsulotlarning ba'zi muhim turlari**

Mahsulotning nomi	Ishlab chiqarilgan, ming tonna									
	1913	1940	1950	1960	1970	1975	1980	1985	2010	
Po'lat	-	11	119	297	389	407,6	700	1200	-	
Neft	13	119	1342	1603	1805	1352	2000	-	-	
Gaz, mlrd m <sup>3</sup>	-	0,07	0,052	0,45	32,1	37,2	36,3	-	-	
Ko'mir	-	3,4	14,75	3410	3747	5269	5800	-	3629	
Miqrál o'g'it (to'yimli moddalarini 100 % ga aylantirganda)	-	0,3	104,0	220	825	1221	1297	1912	1135	
Sulfat kislotasi	-	-	72,7	2354	497	980	1612	-	1028	
Sement	-	267	356,4	1190	3196	3536	6500	10400	-	
Kimyoviy tolalar, ming t	-	-	-	0,8	1,6	22,3	32,4	51,8	-	
Kimyoviy tolalar, ming t	-	-	-	6,0	8,2	21,4	-	76,3	-	
O'simliklarni himoya qilishning kimyoviy vositalari	-	-	-	-	23,5	27,0	42,4	44,6	5,1	
Sintetik yuvish vositalari	-	-	-	-	4,6	16,2	-	-	-	
Sintetik ammiak	-	-	-	171	1035	1512	279	-	1344	

## 1.5. Kimyoviy ishlab chiqarishning texnologik va texnik iqtisodiy ko'rsatkichlari

Har qanday ishlab chiqarishning rentabelligi, mahsulotning arzonligi, shu bilan bir qatorda yuqori sifatli bo'lishi, ishchilar mehnat sharoitlarining yaxshiligi va ishlab chiqarishning zararli chiqindilardan atrof-muhit ishonchli ravishda muhofazalanganligi bilan xarakterlanadi. Shuning uchun ham ishlab chiqarish jarayoni quyidagi ko'rsatkichlarni o'z ichiga oladi:

1) mahsulot unumi, 2) xarajat koeffitsienti, 3) mahsulot tannarxi, 4) mahsulot sifati, 5) uskunaning intensivligi, 6) uskunaning mahsuldorligi, 7) material balansi, 8) texnologik sistemaning oddiy yoki murakkabligi, 9) mexanizatsiyalash, 10) avtomatlashtirish, 11) mehnat sharoitining yaxshilanishi.

**Xarajat koeffitsienti va mahsulot unumi.** *Xarajat koeffitsienti* deb ayni ishlab chiqarish jarayonida tayyor mahsulot birligi uchun (odatda 1 t, ba'zan 1 kg mahsulot uchun) sarflangan xomashyo, yoqilg'i, elektr energiyasi, bug' va boshqa materiallar miqdoriga aytiladi. Bulardan eng muhimi xomashyo va yoqilg'idir, ular mahsulot tannarxini belgilovchi asosiy omillardir. Ishlab chiqarish usuli ayniqsa muhim ko'rsatkich bo'lib, u xarajat koeffitsientini keskin pasaytirib, atrof muhitni ifloslovchi ishlab chiqarish chiqindisini kamaytiradi. Xomashyodan kompleks foydalanish uning barcha komponentlarini xalq xo'jaligi uchun foydali bo'lgan mahsulotga aylantirish, tannarxni pasaytiruvchi vositalaridan biridir. *Mahsulot unumi* deb amalda olingan tayyor mahsulotning nazariy olinish mumkin bo'lgan miqdoriga bo'lgan foiz nisbatiga aytiladi.

**Mahsulot tannarxi (qiymati).** Korxonaning mahsulotni tayyorlashdan tortib to tarqatib (sotib) yuborguncha sarflangan barcha xarajatlarning pul birligida ifodalanishi *to'liq tannarx* deyiladi. Korxonaning mahsulot ishlab chiqarish bilan bevosita bog'liq bo'lgan xarajatlari *fabrika-zavod tannarxi* deb ataladi.

Ishlab chiqarish tannarxi quyidagilar bo'yicha xarajatlarni o'z ichiga oladi: 1) xomashyo, yarimfabrikat va mahsulot ishlab chiqarishning kimyoviy reaksiyalarida bevosita ishtirok etadigan asosiy materiallari, 2) texnologik maqsadda ishlatilgan yoqilg'i va energiya, 3) asosiy ishlab chiqarishda band bo'lgan ishchilar ish haqi, 4) yaroqsizlanishni (bino qurilma jihozlar va boshqalar) qayta tiklashga ajratiladigan fondlar (mablag'lar), 5) sex xarajatlari (asosiy ishlab chiqarish fondlarini saqlash va ularni joriy ta'mirlash uchun sarflanadigan mablag') va sexning ma'muriy-boshqaruv xodimlarini saqlash hamda mehnat muhofazasi va texnika xavfsizligi uchun ketadigan xarajatlar, 6) umumzavod xarajatlari.

Xomashyodan olingan asosiy mahsulot tannarxidan qo'shimcha mahsulotlar qiymati chiqarib tashlanadi. Tannarx kalkulyatsiyasini (mahsulotning tannarxini yoki olish-sotish bahosini hisoblab chiqish), ya'ni material va energiya balanslarining ma'lumotlari asosida mahsulot birligiga bo'lgan sarfiyotlarni hisoblash uchun xomashyo, materiallar, yoqilg'i va energiya bo'yicha sarfiyot koeffitsientlari aniqlanadi. So'ngra xomashyoning, materiallarning va boshqa xarajatlarni hisobga olib kalkulyatsiya tuziladi.

Turli kimyoviy ishlab chiqarishlarda mahsulot tannarxi va unga bo'lgan xarajatlar turlicha bo'ladi. Ko'pchilik hollarda tannarxga katta ta'sir ko'rsatadigan narsa bu xomashyodir. U kimyoviy sanoat bo'yicha tannarxning o'rtacha 60—70 foizini tashkil etadi. Yoqilg'i va energiya esa (elektrotermik va elektrkimyoviy ishlab chiqarishlardan tashqari) tannarxning o'rtacha 10 foizini tashkil etadi. Yuqori darajada mexanizatsiyalashgan va uzluksiz ishlab chiqarish jarayonlari bilan ta'minlangan kimyoviy sanoatda asosiy ishchilarning ish haqi o'rtacha 4—10 foizni tashkil etadi. Ko'pchilik kimyoviy ishlab chiqarishlarda ish haqi tannarxning 20 foizini tashkil etadi. Yaroqsizlanish esa tannarxning 3—4 foizini tashkil qiladi. Tannarx analizidan uni pasaytirish yo'llari ham ravshan bo'lib qoladi.

**Kimyoviy mahsulotning sifati.** Kimyoviy mahsulotning sifati (tarkibi va xossalari) uning tarkibida begona aralashmalarning (qo'shimchalar) borligi va ularning miqdori bilan aniqlanadi. Yuqori molekular birikmalarda esa uning molekulasining tuzilishi va fizik-kimyoviy xossalari ham bog'liq bo'ladi. Tayyor mahsulot toza va konsentrlangan bo'lishi kerak. Begona aralashmalarning tavsifi va miqdori xomashyo va tayyor mahsulotning tozalanish darajasi va qo'shimcha reaksiyalarga bog'liq bo'ladi. Xomashyoni tozalash qanchalik takomillashgan bo'lsa hamda tayyor mahsulotdan qo'shimcha reaksiya mahsulotlari qanchalik to'liqroq ajratib olingan, tozalangan bo'lsa, sifat shunchalik yuqori bo'ladi. Ayniqsa mahsulot konsentratsiyasi sifat uchun muhim ko'rsatkichdir. Toza va konsentrlangan mahsulot olish nafaqat sifat uchun, balki u xomashyo sifatida qo'llaniladigan jarayonlarni intensivlash uchun ham juda muhimdir. Ko'p ming tonnali ishlab chiqarishlarda esa kimyoviy mahsulotlarda foydali komponentlarning konsentratsiyasini oshirish, ularni ortish, tushirish, tashish nuqtayi nazaridan ham katta ahamiyatga egadir. Masalan, mineral o'g'itlarning tarkibida foydali komponentlarning miqdori 20 — 50 foizdan ortmaydi. Demak, yilida 50 mln. t o'g'it ishlab chiqarilsa, 30 mln. t keraksiz mahsulotni (begona aralashmalarni) transport bir necha yuzlab km masofaga tashigan bo'ladi. Shuning uchun ham ko'pchilik mineral o'g'itlar, kislotalar, asoslar, tuzlar va boshqa kimyoviy mahsulotlar tarkibidagi foydali komponentlarning konsentratsiyasini oshirish juda muhimdir.

Har qanday kimyoviy mahsulotning sifati, ya'ni tarkibi va xossalari davlat standartlarida bayon etilgan talablarga javob beradigan bo'lishi kerak. Hali standarti qo'yilmagan yangi mahsulot turiga talab korxonasi yoki muassasaning texnik shartlari (TSh) bilan aniqlanadi. Davlat standartiga binoan, masalan, oziq-ovqat sifatida ishlatiladigan kislotalar tarkibida kishi organizmi uchun zararli bo'lgan aralashmalar (qo'rg'oshin tuzlari, mishyak va boshqalar) saqlanmasligi kerak.

**Uskunaning intensivligi.** Uskunaning intensivligi deb, uskuna mahsuldorligining uning har bir  $m^3$  dagi foydali hajmi birligiga yoki uskuna ishchi yuzasining  $m^2$  dagi kesimiga bo'lgan nisbatiga aytiladi:

$$J = \frac{M}{V} = \frac{G}{\tau \cdot V} \quad (1.1)$$

$$J = \frac{V_m}{\tau} \cdot V \quad (1.2)$$

$$J = \frac{M}{S} = \frac{G}{\tau} \cdot S \quad (1.3).$$

Bu yerda:

$J$  — uskunaning intensivligi;  $M$  — uskunaning mahsuldorligi;  $V$  — uskunaning hajmi ( $m^3$ );  $G$  — ishlab chiqarilgan mahsulot;  $\tau$  — mahsulotni ishlab chiqarishga ketgan vaqt (soat);  $S$  — uskunaning ishchi qismining yuzasi ( $m^2$ );  $V_m$  — ishlab chiqarilgan mahsulot hajmi.

Masalan, ammiak sintezi uskunaning intensivligi, sintez kolonnasining katalizator bilan to'lg'azilgan qismining  $1 m^2$  maydonidan 1 soatda olingan ammiakning kg, miqdori bilan (bu son  $5000 \text{ kg}/m^2s$ , ga teng) aniqlanadi.

Intensivlash ikki yo'l bilan amalga oshiriladi: mashina va uskunalarning konstruksiyasini yaxshilash, uskunalaridagi texnologik jarayonlarni takomillashtirish.

Uskuna intensivligini oshirishning texnologik omillari: haroratni va bosimni oshirish, reaksiyaga kiruvchi reagentlar konsentratsiyasini oshirish, katalizatoridan foydalanish, reaksiyaga kirishuvchi moddalarni aralashtirish kabilar bo'lishi mumkin.

Intensivlash faqat katta energiya talab etmasagina maqsadga muvofiqdir. Uskunaning intensivligi va uning mahsuldorligi bir-biriga bog'liq bo'lgan ko'rsatkichlardir. Ishlab chiqarish jarayoni qanchalik intensivroq ketsa uskunaning mahsuldorligi shunchalik katta bo'ladi.

**Uskunaning mahsuldorligi va quvvati.** Uskunaning mahsuldorligi deb, vaqt birligida shu uskunada ishlab chiqarilgan mahsulot yoki qayta ishlangan

xomashyo miqdoriga aytiladi. Mahsuldorlik quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$M = \frac{G}{\tau} \quad (1.4)$$

Bunda:  $M$  — uskunaning mahsuldorligi;

$G$  — ishlab chiqarilgan tayyor mahsulot miqdori (kg, t);

$\tau$  — vaqt (soat, sek.).

Bir qator korxonalarda ishlab chiqarilgan mahsulot hajmi  $V_m$  bilan o'lanadi. U paytda mahsuldorlik ( $M$ )  $m^3/s$  birligida o'lanadi.

$$M = \frac{V_m}{\tau} \quad (1.5)$$

Metr kublarda gaz va suyuq mahsulotlar o'lanadi. Masalan, ko'mirni kokslashda, neftni qayta ishlaganda ajralib chiqadigan gazlar hamda oqava suvlar, ba'zan ishlab chiqarish chiqindilari kabilar.

Uskuna optimal sharoitda ishlaganda erisha oladigan eng yuqori mahsuldorligiga uning quvvati deyiladi.

Uskunaning mahsuldorligi va qudratini uning o'lchamini oshirish orqali ko'paytirish mumkin. Uskunaning hajmini kattalashtirish, odatda reaksiyon hajm birligida va ishlab chiqaradigan mahsulot birligida metall yoki boshqa konstruksion materiallarni iqtisod qilishga olib keladi, xomashyo bo'yicha xarajatlarni kamaytiradi, uskunaning intensivligi ortadi. Bunda ishchi va xizmatchilarning mehnat mahsuldorligi ham ortadi, chunki xizmat qiluvchilar shtati uskuna mahsuldorligiga nisbatan kam darajada ortadi.

Har qanday ishlab chiqarishda ham iqtisodiy samaradorlik nuqtayi nazaridan yangidan o'rnatiladigan mashina va uskunalarning quvvati uzluksiz oshirib boriladi. Masalan, sulfat kislota va ammiak ishlab chiqarishda asosiy reaktorlarining quvvati so'ngi 20—25 yil ichida 30 martadan ham ko'proq ortdi, organik moddalar ishlab chiqarish texnologiyasida esa qayta ishlanadigan gazni adsorbsiyalovchi qurilmalarning mahsuldorligi bir necha o'n mingdan million  $m^3/s$  gacha ortdi.

**Material balans.** Korxonaning barcha texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari ishlab chiqarish jarayonlarining material, energetik va iqtisodiy balanslari asosida aniqlanadi. Balanslar ishlab chiqarilgan mahsulot birligida tuziladi va jadvallar shaklida tayyorlanadi. Unda kiritim va chiqim qismlari bo'lib, har ikkala qismning qiymatlari yig'indisi ( $\sum G_{kiritim} = \sum G_{chiqim}$ ) teng bo'lishi kerak.



Material balans moddalar massasining saqlanish qonuniga asoslanadi. Unda texnologik operatsiyaga tushuvchi moddalar (kirim qismiga yozilgan moddalar) massasi reaksiyadan keyin olingan moddalar (chiqim qismiga yozilgan moddalar) massasiga teng bo'ladi. Chiqim qismida asosiy reaksiyadan tashqari, parallel va qo'shimcha reaksiya mahsulotlari ham yoziladi.

Energetik balans material balans ma'lumotlari va issiqlik hamda elektr energiyalarining kirim va chiqimlariga asoslangan holda tuziladi. Iqtisodiy balans esa ayni mahsulotni ishlab chiqarish bilan bog'liq bo'lgan barcha xarajatlarning kirim va chiqimlariga asoslanib pul birliklarida tuziladi. Shu balans ma'lumotlari asosida mahsulotning tannarxi va demak ishlab chiqarishning rentabelligi aniqlanadi.

**Texnologik sistemaning oddiy va murakkabligi** tabiiyki, mahsulotning tannarxiga ta'sir etadi. Sistemada uskuna va qurilmalar miqdori ko'p bo'lsa, unday korxonani qurish uchun ko'p mablag' sarflanadi va yaroqsizlanishiga ham ko'p pul ajratiladi. Bundan tashqari korxonada ishlovchi va uskunalar buzilganda ularni tuzatuvchi kishilar soni ham ortadi. Demak, mehnat mahsuldorligi kamayadi va mahsulot tannarxi ortadi. Shuning uchun ham ishlab chiqarishning yangi usullarini yaratishda qisqa sxemaga o'tishga, ishlab chiqarish bosqichlarini kamaytirishga hamda shu uzlukli yoki davriy jarayonlarni uzluksiz jarayonlarga almashtirishga intiladilar.

Davriy deb shunday jarayonlarga aytiladiki, bunda xomashyo uskunaga solingan bir nechta qayta ishlash bosqichlaridan o'tgandan so'ng, hosil bo'lgan mahsulotlarning barchasi uskunadan chiqarib olinadi. Bunda uskunaga xomashyo solinguncha va undan mahsulotlarni chiqarib olguncha uskuna ishlamaydi va ma'lum muddatgacha bo'sh turadi. Bu operatsiyalar ko'p mehnat talab qiladi, xomashyoni solish va mahsulotni tushirib olish jarayonlarini mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish juda qiyin bo'ladi.

Uzluksiz jarayon deb shunday jarayonlarga aytiladiki, bunda uskunaga xomashyoning tushishi va undan mahsulotning chiqarib olinishi uzoq muddatgacha to'xtovsiz davom etadi. Bunda uskuna va qurilmalarning ishlamay turadigan bo'sh vaqti bo'lmaydi, uskunaning mahsuldorligi yuqori bo'ladi. Xomashyoni ortish va mahsulotni tushirish ishlarini mexanizatsiyalash oson va barcha uskunalarni avtomatlashtirish yengil bo'ladi.

**Mexanizatsiyalash** bu odamning jismoniy mehnatini mashinalar mehnatiga almashtirishdir. Mexanizatsiyalash uskunalar ishini intensivlash yoki xizmat shtatlarini qisqartirish hisobiga mehnat mahsuldorligini qonuniy ravishda oshiradi. Ko'pchilik kimyoviy ishlab chiqarishlarda asosiy

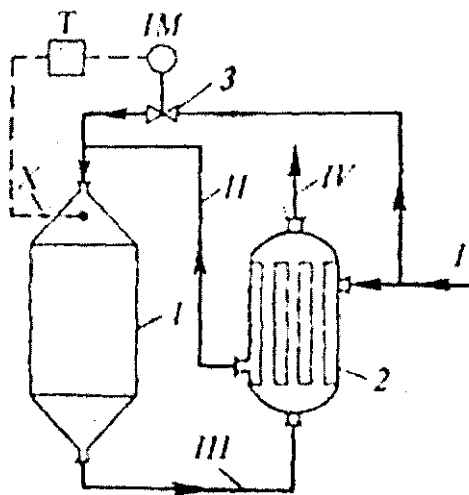
operatsiyalar mexanizatsiyalashtirilgan. Ammo xomashyoni uskunalarga solish va mahsulotlarni undan chiqarib olish, materiallarni tashish kabi ishlarni hamma vaqt ham mexanizatsiyalashtirilgan deb bo'lmaydi.

Avtomatlashtirish shu bilan xarakterlanadiki, bunda odam ishlab chiqarish jarayonlarini bevosita boshqarish ishlaridan ozod qilinib, bu funktsiya avtomat qurilmalariga yuklanadi.

**Avtomatlashtirish** — bu mehnat mahsuldorligini keskin oshiruvchi va yuqori iqtisodiy ko'rsatkichlarda ko'p mahsulot ishlab chiqarishga imkon beruvchi oliy darajadagi mexanizatsiyalashdir.

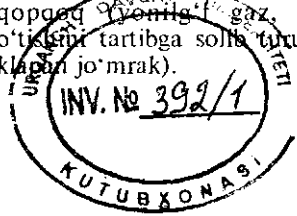
Jarayonni avtomatlashtirish uch asosiy asbobdan foydalanib amalga oshiriladi: o'lchagich (yoki datchik), to'g'rilagich va ijro etuvchi mexanizm. O'lchagich texnologik sharoitning qandaydir biror parametrini o'lchash, axborotni to'g'rilagichga (regulatorga) yuboradi, u esa qabul qilgan o'lchov qiymatlarini, o'zidagi qiymatlar bilan taqqoslab ko'radi, agar o'zidagi qiymatlardan (ilgaridan berib ko'rilgan standart qiymatlar) og'ish sodir bo'lgan bo'lsa ijrochiga buyruq beriladi, ijrochi kamchilikni tuzatadi. Kimyoviy ishlab chiqarishlarda o'lchagich asbobi moddaning haroratini, konsentratsiyasini yoki uskunaga kiruvchi va undan chiquvchi gaz (yoki suyuqlik) oqimi tezligini o'lchaydi. Ijrochi asbob esa o'sha og'ishni tuzatib tenglashtiradi.

1-rasmda reaktorning harorat sharoitini oddiy avtomatlashtirish sxemasi berilgan.



**1-rasm.** Reaktorning harorat rejimini oddiy avtomatlashtirish sxemasi.

1 — reaktor; 2 — quvursimon issiqlik almashtirgich; 3 — dastlabki suyuq gazlar aralashmasi (xomashyo); 4 — dastlabki issiq gazlar aralashmasi (mahsulot); 5 — ekzotermik reaksiyadan keyingi issiq gazlar aralashmasi; 6 — sovigan mahsuldor gazlar aralashmasi; Regulyator (to'g'rilagich) IM — ijrochi mexanizm; X — surma qopqoq qonitgich (gaz, bug' o'tishini tartibga solib turuvchi klapan jo'mrak).



Unda ekzotermik reaksiya borib, gazsimon mahsulotlar olinadi. Reaktorga kirayotgan gaz oqimi tezligi va reaksiyaga kirishadigan moddalar konsentratsiyasining doimiyligini (o'zgarmasligi) saqlab turish avtomatlashtirilgan bo'lsa, unda nafaqat harorat barqaror bo'ladi, balki reaktorda dastlabki moddalarning mahsulotlarga aylanish darajasi ham turg'unlanadi (ya'ni aylanish darajasi doim bir me'yorda boradi).

Issiq gazlar aralashmasi reaktordan chiqadi. Issiqlik almashtirgichning quvurlari ichidan o'tib, quvurlarning tashqarisidagi bo'shliq orqali kelayotgan dastlabki gazlarni kerakli haroratgacha qizdiradi. Bu gazlar qizigach reaktorga kiradi.

O'Ichagich (masalan, harorat — T) reaktorga kirayotgan moddalar haroratini o'Ichaydi, agar kerakli haroratdan ozgina chetlashgan bo'lsa to'g'rilagichga o'tkazgich orqali signal boradi (to'g'rilagich — oddatda elektron asbobi bo'ladi), u o'z navbatida ijrochi mexanizmga (IM) buyruq beradi. IM bu reaktor Iga kirayotgan sovuq gazlarni ochib yoki yopib turuvchi jo'mrak (vintel) S bo'lgan elektrik motorcha bo'lishi mumkin. Agar reaktorga kiradigan gazning harorati ozgina normadan ortiq bo'lsa, u paytda IM jo'mrakni ochadi, natijada reaktorga kiradigan sovuq gaz miqdori ortib reaktordagi gazlar harorati normal holatga keladi. Mabodo reaktorga kiradigan gazning harorati normadan past bo'lsa IM jo'mrakni biroz bekitadi va gaz harorati normallasadi.

Murakkab kimyoviy-texnologik sistemalarni kompleks avtomatlashtirishda boshqaruvchi elektron hisoblash mashinalari qo'llaniladi. Ular turli o'Ichov asboblardan jarayonning borishi haqidagi axborotlarni qabul qilib oladi, optimal sharoitni hisoblaydi va ijrochi-asbobga tegishli buyruq beradi.

Texnologik jarayonlarning avtomatlashgan boshqaruv sistemasini kimyo sanoatida keng qo'llash hozirgi zamonning eng dolzarb vazifalaridan biridir.

**Mehnat sharoitini yaxshilash** hukumatimizning, O'zbekiston Respublikasi Konstitutsiyasi va kasaba uyushmalarining diqqat markazida bo'lgan muhim vazifalaridan biridir.

Kimyo sanoatida tarmoqlar uchun alohida qoidalar, texnika xavfsizligi normalari va har bir kimyoviy ishlab chiqarishni proektlash-qurish va ekspulatsiyalash uchun sanoat-sanitariya normalari ishlab chiqarilgan va ular amalda tatbiq etilgan.

Kimyo sanoati xodimlari zararli va zaharli gazlar, suyuqliklar, changiydigan va sochilib ketuvchi moddalar bilan hamda yuqori harorat va bosim sharoitida ishlashlariga to'g'ri keladi. Texnika xavfsizligi va mehnat muhofazasi qoidalarida va maxsus qonunlarda mehnatkashlarga xavfsiz ish sharoitlarini yaratish ko'zda tutilgan. Kimyoviy korxonalarining

ichida, korxonada atrofida, atmosferada va suvda zararli kimyoviy moddalarning chegaraviy konsentratsiyasi belgilangan. Ko'pgina organik birikmalar, ayniqsa efirlar, spirtlar va ba'zi anorganik birikmalar, masalan: vodorod, ammiak va boshqalar osonlikcha o't olib ketuvchi va portlovchi moddalar hisoblanadilar. Shu boisdan bunday korxonalarda yong'inni oldini olishning hamda ehtimolda tutilgan yong'inni tez bartaraf etishning keskin chora-tadbirlari ko'rilgan bo'ladi.

Kimyo korxonalarida yong'inga qarshi texnika xavfsizligi qoidalariga rioya etish, davlat inspeksiyasi organlari hamda zavod ichki xizmati xodimlari tomonidan nazorat qilib turiladi. Korxonaning har bir xodimi, shu jumladan kimyo laboratoriyaning xodimi ham ishning umumiy qoidalarini o'zlashtirganidan keyingina, hamda mehnat xavfsizligi yo'riqnomalari olgandan so'ng ishga qo'yiladi.

## **1.6. Kimyoviy texnologik jarayonlar haqida tushuncha.**

### **Asosiy jarayonlarning turlari**

Kimyoviy texnologiyada fizikaviy va kimyoviy hodisalar birgalikda olib qaraladi. Kimyoviy-texnologik jarayon — bu dastlabki xomashyolardan olinishi ko'zlangan tayyor mahsulotni olishga imkon beradigan operatsiyalar majmuyidan iborat. Kimyo va oziq-ovqat sanoatida turli-tuman texnologik jarayonlar ishlatiladi. Bunday jarayonlar ayrim belgilariga qarab bir necha sinflarga bo'linadi. Texnologiya jarayonlarini ularning harakatlantiruvchi kuchiga ko'ra 5 sinfga bo'linadi:

1. Mexanik jarayonlar.
2. Gidromexanik jarayonlari.
3. Issiqlik almashinish jarayonlari.
4. Modda almashinish jarayonlari.
5. Kimyoviy jarayonlar.

**Mexanik jarayonlar** qattiq materiallarni mexanik kuch ta'sirida qayta ishlash bilan bog'liq. Bunday jarayonlarga saralash, uzatish, aralashtirish, maydalash kabilar kiradi. Bu jarayonlarning tezligi qattiq jismlarning mexanik qonuniyatlari bilan ifodalanadi. Bunda harakatlantiruvchi kuch vazifasini mexanik bosim kuchi yoki markazdan qochma kuch bajaradi.

**Gidromexanik jarayonlarga** suyuq va gazsimon sistemalardagi harakat (aralashtirish, filtrlash, cho'ktirish) bilan bog'liq jarayonlar kiradi. Bunday jarayonlarning tezligi gidromexanika qonunlari bilan aniqlanadi. Gidromexanik jarayonlarni harakatlantiruvchi kuch — gidrostatik va gidrodinamik bosimdir.

**Issiqlik almashinish jarayoni** – haroratlar farqi mavjud bo‘lganda (harorati yuqori) bir jismdan ikkinchi (harorati past) jismga issiqlikning o‘tishidir. Bu guruhga sovitish, isitish, bug‘latish, kondensatlash va sun‘iy sovuq hosil qilish jarayonlari kiradi. Jarayonning tezligi gidrodinamik sharoitga bog‘liq holda issiqlik uzatish qonunlari bilan ifodalanadi, issiqlik jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchi sifatida issiq va sovuq muhitlar o‘rtasidagi haroratlar farqi ishlatiladi.

**Modda almashinish** bir yoki bir necha komponentlarning bir fazadan fazalarni ajratuvchi yuza orqali ikkinchi fazaga o‘tishidir. Komponentlar bir fazadan ikkinchi fazaga molekular va turbulent diffuziyalar yordamida o‘tadi. Shu sababli bu jarayonlar diffuzion jarayonlar ham deyiladi. Bu guruhga absorbiyalash, adsorblash, suyuqliklarni haydash, ekstraksiyalash, quritish jarayonlari kiradi. Jarayonlarning tezligi fazalarning gidrodinamik harakatiga bog‘liq bo‘lib, modda o‘tkazish qonuniyatlari bilan ifodalanadi. Modda almashinish jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchi fazadagi konsentratsiyalarning farqi bilan belgilanadi.

**Kimyoviy jarayonlar** moddalarning o‘zaro ta’siri natijasida yangi birikmalarning hosil bo‘lishidir. Kimyoviy reaksiyalarda issiqlik va modda almashinish jarayonlari ham sodir bo‘ladi. Bunday jarayonlarning tezligi kimyoviy kinetika qonuniyatlari bilan ifodalanadi. Reaksiyalar tezligi, ayniqsa sanoat miqyosida moddalarning gidromexanik harakatiga, kimyoviy jarayonlarning harakatlantiruvchi kuchi esa reaksiyaga kirishayotgan moddalarning konsentratsiyasiga bog‘liq bo‘ladi.

Mexanik, gidromexanik, issiqlik almashinish, modda almashinish kabi jarayonlar kimyoviy texnologik jarayonlarning elementlari bo‘lib, ular «kimyoviy texnologiya jarayonlari va uskunalari» kursida, kimyoviy jarayonlar esa «kimyoviy texnologiya» kursida o‘rganiladi.

Kimyoviy texnologiya jarayonlari (mexanik, gidromexanik, issiqlik va modda almashinish)ning asosini material oqimi o‘rtasidagi modda yoki energiya almashinuvi tashkil etadi. Ushbu jarayonlarning negizi gidrodinamika va termodinamika qonunlariga asoslanadi. Jarayonlarni tahlil qilishda avval modda va energiyaning saqlanish qonunlariga asosan material va energetik oqimlarining miqdori aniqlanadi, so‘ngra harakatlantiruvchi kuch topiladi.

Ishlab chiqarishda har bir jarayonning tezligini oshirishga harakat qilindi, bu o‘z navbatida qurilmalarning ish unumini ko‘paytiradi. Masalan, gidromexanik (filtrlash) jarayon uchun quyidagi kinetik tenglamani yozish mumkin:

$$\frac{dV}{Fd\tau} = \frac{1}{R_1} \Delta P = K_1 \Delta P$$

bu yerda:  $V$  – filtrat miqdori;  $F$  – filtr yuzasining maydoni;  $\tau$  – vaqt;  $R_1$

– filtrning qarshiligi;  $K_1 = \frac{1}{R_1}$  – filtrlovchi to‘siqning o‘tkazuvchanligi;

$\Delta P$  – bosimlar farqi (harakatlantiruvchi kuch).

Issiqlik almashinish jarayonlari termodinamika qonunlariga asosan quyidagi kinetik tenglama bilan ifodalanadi:

$$\frac{dQ}{F d\tau} = \frac{1}{R_2} = K_2 \Delta t$$

bu yerda:  $Q$  – sistemadan o‘tkazilgan issiqlik miqdori;  $F$  – issiqlik almashinish yuzasi;  $\tau$  – vaqt;  $R_2$  – issiqlik o‘tkazishga bo‘lgan qarshilik;

$K_2 = \frac{1}{R_2}$  – issiqlik o‘tkazish koeffitsienti;  $\Delta t$  – haroratlar farqi (harakatlantiruvchi kuch).

Modda almashinish (diffuzion) jarayonlar uchun quyidagi kinetik tenglamani yozish mumkin :

$$\frac{dM}{F d\tau} = \frac{1}{R_3} \Delta C = K_3 \Delta C$$

bu yerda:  $M$  – o‘tkazilgan modda miqdori;  $F$  – modda almashinish yuzasi;  $R_3$  – modda o‘tkazishga bo‘lgan qarshilik;  $K_3 = \frac{1}{R_3}$  – modda o‘tkazish koeffitsienti;  $\Delta C$  – konsentratsiyalar farqi (harakatlantiruvchi kuch).

Gidromexanik, issiqlik va modda almashinish uchun quyidagi umumiy kinetik tenglamani yozish mumkin:

$$J = K \cdot x$$

Bu tenglamada  $J$  – jarayonlarning tezligi;  $x$  – harakatlantiruvchi kuch;  $K$  – kinetik koeffitsient.

O‘rganilayotgan jarayonning turiga qarab, kinetik koeffitsient har xil bo‘lishi mumkin (masalan, issiqlik yoki modda almashinish koeffitsienti, filtrlovchi muhitning o‘tkazuvchanligi).  $J = K \cdot x$  tenglama ma’lum bir harakatlantiruvchi kuch ta’sirida boradigan jarayonlarga mos keladi. Agar ikki yoki undan ortiq jarayonlar bir vaqtning o‘zida parallel ketsa, unda har bir jarayonning tezligi tegishli harakatlantiruvchi kuch miqdoriga bog‘liq bo‘ladi. Agar sistemada bir vaqtning o‘zida kompleks jarayonlar (diffuziya va issiqlik jarayonlari) sodir bo‘lsa, ularning ichidan asosiy jarayon ajratib olinadi. Odatda asosiy jarayonning tezligi qolgan jarayonlarning tezligiga nisbatan katta bo‘ladi. Shu sababli murakkab kompleks jarayonlarning samaradorligini oshirish uchun asosiy jarayon tezlashtiradi.

**Kimyoviy texnologik jarayonlarning tavsifi.** Kimyoviy texnologik jarayon quyidagi oddiy bosqichlardan iboratdir:

1. Reaksiyaga kirishuvchi komponentlarning reaksiya zonasiga kiritilishi.

2. Kimyoviy reaksiyalar.

3. Hosil bo'lgan mahsulotlarni reaksiya zonasidan chiqarib olinishi.

**Reaksiyaga kirishuvchi komponentlarning reaksiya zonasiga kiritilishi** molekular diffuziya yoki konveksiya (konveksiya – biror moddaning issiqlik, elektr zaryadi kabilarning muhit oqimi tufayli ko'chishi – tarqalishidir) orqali amalga oshadi. Reaksiyaga kirishuvchi moddalarni qattiq aralashirilganda konvektiv ko'chishi, girdobsimon diffuziya ham deyiladi. Ikki yoki ko'p fazali sistemalarda reaksiyaga kirishuvchi komponentlarning reaksiya zonasiga kiritilishi: gazlarning absorbsiyasi yoki desorbsiyasi, bug'larning kondensatsiyalanishi, qattiq moddalarni suyuqlantirish, suyuqliklarni bug'lantirish yoki qattiq moddalarni haydash orqali amalga oshirilishi mumkin. Fazalar orasidagi o'tishlar murakkab diffuzion jarayondir.

**Kimyoviy reaksiyalar** – kimyoviy texnologik jarayonning ikkinchi bosqichidir. Reaksiyaga kirishuvchi moddalar orasida, ya'ni, sistemada, odatda, asosiy mahsulotning hosil bo'lishiga olib keluvchi bir necha ketma-ket (ba'zida parallel) kimyoviy reaksiyalar hamda olingan xomashyo bilan uning tarkibidagi begona aralashmalar orasida ham bir qator reaksiyalar boradi. Natijada asosiy mahsulot bilan bir qatorda qo'shimcha mahsulot (xalq xo'jaligi ahamiyatiga ega bo'lgan mahsulotlar) yoki chiqindi, sanoat tashlandiqlari (xalq xo'jaligida yetarli darajada ishlatilish sohasini topmagan, yetarli qimmatga ega bo'lmagan reaksiya mahsulotlari) ham hosil bo'ladi. Odatda ishlab chiqarish jarayonlarining analizida barcha reaksiyalar hisobga olinmaydi, balki faqatgina olinishi kerak bo'lgan asosiy mahsulotning miqdori va sifatiga katta ta'sir ko'rsatadigan reaksiyalargina hisobga olinadi.

**Reaksiya zonasidan mahsulotning chiqarib olinishi** ham reaksiyaga kirishuvchi komponentlarning zonaga kiritilishi kabi diffuziya, konveksiya va moddalarning bir fazadan boshqa fazaga (gaz, suyuq va qattiq) o'tishi orqali amalga oshadi. Texnologik jarayonning umumiy tezligini mana shu uch bosqich yoki jarayonning bittasi, ya'ni qaysi biri sekin borsa, o'shanisi belgilaydi. Agar kimyoviy reaksiya eng sekin borsa va u umumiy tezlikni belgilasa, u vaqtda jarayon kinetik hududda kechadi. Bunday hollarda texnologlar kimyoviy reaksiyani tezlashtiradigan omillar (olingan xomashyolarning konsentratsiyasi, harorati, katalizatorlar qo'llash va boshqalar) kuchaytiradilar. Agar jarayonning umumiy tezligini reaksiya zonasiga reagentlarning kiritilishi yoki mahsulotlarni zonadan chiqarilishi

belgilasa, demak, jarayon diffuzion hududda kechadi. Diffuziya tezligini avvalo aralashtirish, harorat va konsentratsiyani oshirish hamda sistemani ko'p fazalidan bir fazaliga o'tkazish va hokazolar orqali oshiriladi. Agar texnologik jarayonni tashkil etuvchi barcha elementlarni (uchala jarayonning ham) tezligi taxminan teng bo'lsa, u vaqtda jarayon o'tish hududida boradi. Shuning uchun ham eng avval, ham diffuziyani, ham reaksiyani tezligini oshiradigan faktorlarga ta'sir ko'rsatish kerak bo'ladi, ya'ni dastlabki moddalarning konsentratsiyasini va haroratini oshirish zarur.

## **1.7. Texnologik jarayonlarning sinflanishi**

Kimyoviy texnologiyaning barcha jarayonlari ikkita: kimyoviy va fizikaviy jarayonlarga bo'linadi. Kimyoviy reaksiyalar kimyoviy-texnologik jarayonlarning eng muhim bosqichidir.

Kimyoviy texnologik jarayonlarni sinflashda kimyoviy reaksiyalarning oddiy, murakkab-parallel va murakkab-ketma-ketlarga bo'linishi hisobga olinadi.

Texnologik jarayonlarni sinflashda ularni optimallashtirish uchun zarur bo'lgan texnologik sharoit katta ahamiyatga egadir. Texnologik sharoit deb jarayonning tezligi, mahsulotning unumi va sifatiga ta'sir etuvchi asosiy omillar (parametrlar) yig'indisiga aytiladi. Ko'pchilik kimyoviy-texnologik jarayonlar uchun sharoitning asosiy parametrlari harorat, bosim, katalizatorlarni qo'llash va ularning aktivligi, o'zaro reaksiyaga kirishuvchi moddalarning konsentratsiyalari, reagentlarni aralashtirish usullari kabilar hisoblanadi. Texnologik sharoit parametrlari tegishli reaktorlarni loyihalash prinsiplarini aniqlab boradi. Texnologik sharoit parametrlarining optimal qiymati, uskunalarining eng yuqori mahsuldorligi va jarayonlarda xizmat qiluvchi kishilarning mehnat unumdorligiga to'g'ri keladi. Shuning uchun ham texnologik sharoit parametrlarining qiymatlari va tavsifi bir-biriga bog'liq bo'ladi. Parametrlardan birining o'zgarishi sharoitning boshqa parametrlarining optimal qiymatlarini o'zgarishiga olib keladi. Shuning uchun ham texnologik jarayonlar sharoitning barcha parametrlari bo'yicha kimyoviy texnologiyaning umumiy kursida aniq sinflarga bo'lish murakkab va maqsadga muvofiq emasdir. Jarayonning tezligi va reaktorlarning tuzilishiga reagentlarning aralashtirish darajasi va usuli kuchli ta'sir ko'rsatadi. O'z navbatida reaksiyaga kirishuvchi massani aralashtirish usuli va darajasi moddalarning agregat holatiga bog'liq bo'ladi. Qayta ishlanadigan moddalarning agregat holatlari ularni texnologik qayta ishlash usullarini hamda uskunalarni loyihalash va yasash prinsiplarini aniqlab beradi. Shuning uchun ham kimyoviy texnologiyaning umumiy



qonuniyatlarini o'rganishda jarayonlar va unga mos holda reaktorlarni avvalo reaksiyaga kirishuvchi moddalarning agregat holatiga qarab bo'lish qabul qilingan. Shu sababli, barcha o'zaro ta'sirlashuvchi moddalar sistemasi va unga mos keluvchi texnologik jarayonlar ushbu belgilariga qarab gomogen yoki bir jinsli va geterogen yoki ko'p jinsliga bo'linadi.

Gomogen deb shunday jarayonlarga aytiladiki, bunda reaksiyaga kirishayotgan barcha modda bir xil: gaz (G), suyuq (S) yoki qattiq (Q) fazada bo'ladilar. Gomogen sistemada o'zaro ta'sirlashayotgan moddalarning reaksiyasi geterogen sistemadagiga nisbatan, odatda tez ketadi, barcha texnologik jarayonlarning mexanizmi sodda, jarayonni boshqarish oson, shuning uchun ham texnologiyada, amaliyotda ko'pincha gomogen jarayonga intilinadi, ya'ni, qattiq reaksiyaga kirishuvchi moddalarni hech bo'lmaganda ulardan birini eritish yoki suyuqlantirish yo'li bilan suyuq holatga o'tkaziladi. Shu maqsadda gazlar kondensatsiyalanadi yoki absorbsiyalanadi.

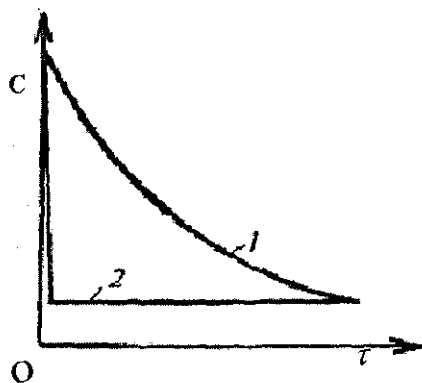
Geterogen sistema ikki yoki undan ortiq fazali bo'ladi. Ishlab chiqarish amaliyotida quyidagi sistemalar ko'p uchraydi.  $G - S$ ,  $G - Q$ ,  $S - Q$ . Birmuncha ishlab chiqarish jarayonlari ko'p fazali geterogen sistemalarda kechadi. Masalan,  $G - S - Q$ ;  $G - Q - Q$ ;  $S - Q - Q$ ;  $G - S - Q - Q$  va hokazo. Ishlab chiqarish amaliyotida gomogenga qaraganda geterogen jarayonlar keng tarqalgan. Bunda odatda jarayonning geterogen bosqichi diffuzion xarakterga ega bo'ladi va fazalar sirt chegarasida boradi va odatda jarayonning umumiy tezligini belgilaydi. Geterogen reaksiyalar jumladan suyuq va qattiq moddalarning yonishida (oksidlanganda), metall va minerallarning kislota va ishqorlarda eriganida sodir bo'ladi.

Kimyoviy jarayonlar katalitik va nokatalitik, texnologik sharoit parametrlarining ahamiyatiga qarab, jarayonlar past va yuqori haroratli, vakuumda, normal va yuqori bosimda boruvchi, dastlabki moddalari yuqori va past konsentratsiyali va boshqalarga bo'linadi. Ammo, bunday ayrim kimyoviy ishlab chiqarishlar bo'yicha ba'zi qo'llanmalarda qo'llanilganidek batafsil sinflanish, kimyoviy texnologiyaning umumiy kursi uchun murakkab va ortiqchadir.

Tegishli uskunalar va ularda amalga oshiriladigan jarayonlar vaqt birligida jarayonning borish xarakteriga qarab davriy va uzluksiz jarayonlarga bo'linadi. Uzluksiz ishlovchi reaktorlar oqimli reaktorlar deyiladi, chunki ular orqali har doim reaksiyaga kirishuvchi massa oqim bilan oqib o'tib turadi.

Gidrodinamik sharoit reaksiyaga kirishayotgan komponentlarni reaksiya mahsulotlari bilan birgalikda aralashtirishni ikki turga ajratadi: 1) to'liq aralashtirish, 2) ideal siqib chiqarish. To'liq aralashtirish bu shunday

sharoitki, unda girdob shu qadar kuchli bo'ladiki, reagentlar konsentratsiyasi oqimli reaktorlarda (oqimli reaktorda reagentlar reaktorning bir tomonidan kirib, ikkinchi tomonidan chiqib ketadi) uskunaning butun hajmida, ya'ni, xomashyo kiritiladigan joydan, to mahsulotlar aralashmasining chiqarib olinadigan qismigacha, hamma joyida bir xil bo'ladi (2-rasmda ikkinchi egri chiziq).



**2-rasm.** To'liq aralashtirgichga yaqinlashganda (2-chiziq) va to'liq aralashtirilmaganda (1-egri chiziq) yoki ideal siqib chiqarish jarayonida vaqt o'tishi bilan dastlabki modda konsentratsiyasining o'zgarishi ( $C_0$  – dastlabki modda konsentratsiyasi;  $C_{ox}$  – oxirgi konsentratsiya).

Ideal siqib chiqarish, dastlabki modda bilan hosil bo'lgan mahsulotlar bir-biri bilan aralashmaydigan hollarda kuzatiladi. Bunday reaktorlarda konsentratsiya reagentlar oqimi yo'nalishiga tomon bir me'yorda o'zgaradi (2-rasmda birinchi egri chiziq). To'liq aralashtirish sharoitida reaksiyon hajmda konsentratsiyaning bunday o'zgarishi kuzatilmaydi. Sanoat oqimli reaktorlarida, to'liq aralashtirish uskunalariga qaraganda aralashtirish darajasi har doim kam, ideal siqib chiqarish uskunasi nisbatan esa ko'p bo'ladi.

Harorat sharoitiga qarab oqimli reaktorlar va unda kechayotgan jarayonlarni izotermik, adiabatik va politermikka bo'linadi. Izotermik reaktorlarda harorat butun reaksiyon hajmda doimiy bo'ladi. Ideal izotermik sharoit, yetarli darajada kuchli aralashtiradigan, to'liq aralashtirish sharoitiga yaqinlashgan reaktorlarda bo'lishi mumkin. Kichik issiqlik effekti bilan boradigan reaksiyalar (masalan, izomerlanish reaksiyalari) yoki reaksiyaga kirishayotgan moddalarning konsentratsiyasi kichik bo'lganda (masalan, gazlarni zararli aralashmalardan tozalash jarayonida) jarayonlar izotermikka yaqinlashadi.

Adiabatik reaktorlarda issiqlik tashqaridan ichkariga ham kirmaydi va ichkaridan tashqariga ham chiqmaydi, reaksiyaning barcha issiqligi, reaksiyaga kirishayotgan moddalarning oqimi bilan akkumulatsiyalanadi (to'planadi). Ideal-adiabatik sharoit faqat tashqi muhitdan to'liq izolyatsiyalangan ideal siqib chiqarish reaktorlaridagina bo'lishi mumkin.

Bunday reaktorlarda reaktor o'qi bo'yicha oqim harorati dastlabki moddaning tayyor mahsulotga aylanish darajasiga to'g'ri yoki teskari proporsionaldir.

Politermik reaktorlarda reaksiya issiqligi reaksiya zonasidan faqat qisman tashqariga chiqariladi yoki endotermik jarayonlar uchun uskunaga hisoblangan holda (ya'ni uskunaning proektiga mos holda) issiqlik berish bilan kompensatsiyalanadi. Natijada harorat reaksiya hajmining uzunligi (yoki balandligi) bo'yicha turli xilda o'zgaradi va harorat sharoiti ham grafikda turli egri chiziqlarda ifodalanadi, uning ko'rinishi taxminan hisobga (dasturga) mos holda bo'ladi va texnologik sharoit parametrlarini o'zgartirish orqali to'g'rilanadi. Sanoat reaktorlari ko'pincha politermik harorat sharoitiga ega, ba'zan izotermik yoki adiabatik sharoitga yaqinlanadi.

Moddalarning kimyoviy o'zgarishlari u yoki bu darajada issiqlik jarayonlari bilan boradi. Issiqlik effektiga qarab, reaksiyalar ekzotermik (issiqlik chiqishi bilan boradigan) va endotermik (issiqlik yutilishi bilan boradigan) reaksiyalarga bo'linadi. Bunday bo'lish reaksiyaning issiqlik effektini muvozanatga va qaytar reaksiyalar tezligiga ta'sirini aniqlashda juda katta ahamiyatga egadir. Ko'pgina ishlab chiqarishlarda reaksiyaning issiqlik effekti ishlab chiqarishning texnologik sxemasini va reaktor konstruksiyasini belgilab, aniqlab beradi.

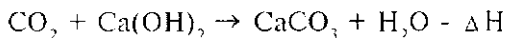
Geterogen sistemalarda to'g'ri oqimli, qarama-qarshi oqimli, chorraha (bir-birini kesib o'tuvchi) oqimli jarayonlarni ajratadilar. Bunday sinflash reaktorning balandligi (uzunligi) bo'yicha jarayonning harakatlantiruvchi kuchi o'zgarishining xarakterini aniqlash uchun zarur hisoblanadi. Shunday qilib, hatto kimyoviy texnologiyaning umumiy kursida qabul qilingan jarayonlarning qisqa, soddalashtirilgan sinflanishi ham anchagina murakkabroqdir, chunki u ishlab chiqarishda mavjud bo'lgan turli xil kimyoviy-texnologik jarayonlarni o'rganishda har tomonlama yondashuvga asoslangandir.

Kimyoviy texnologiyada o'rganiladigan asosiy obyektlar – muvozanat va kimyoviy texnologik jarayonlarning tezligidir. Jarayonning tezligi va muvozanatni boshqaruvchi qonuniyatlar gomogen va geterogen jarayonlarda keskin farq qiladi.

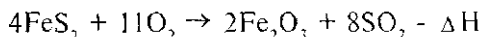
## **1.8. Texnologik jarayonlarda muvozanat**

Kimyoviy jarayonlar qaytar va qaytmas jarayonlarga bo'linadi. Qaytmas jarayonlar faqat bir tomonga boradi. Ishlab chiqarish sharoitida ko'pgina kimyoviy reaksiyalar amalda qaytmas bo'ladi. Masalan, gazlar

aralashmasidan  $\text{CO}_2$  ni tozalashda, gazlar ohakli suvdan o'tkaziladi (yuviladi) bu reaksiya qaytmas reaksiyadir.



Yoki kolchedanni kuydirish reaksiyasini ko'rsatish mumkin, **bu ham** qaytmas reaksiyadir.

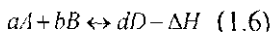


Qaytar reaksiyalarda esa, hosil bo'lgan mahsulot o'z-o'zidan yana dastlabki mahsulotga aylanadi.

Geterogen sistemalarda qaytar deb modda yoki issiqlikning bir fazadan boshqa fazaga o'tishi va aksincha, boruvchi jarayonlarga aytiladi.

Barcha qaytar kimyoviy-texnologik jarayonlar muvozanatga intiladi. Bunda to'g'ri va teskari tomonga boruvchi jarayonlarning tezligi tenglashadi, natijada o'zaro ta'sirlashuvchi sistemada komponentlar nisbati tashqi muhit o'zgarmaguncha o'zgarmaydi. Komponentlardan birining harorati, bosimi yoki konsentratsiyasi o'zgarsa, muvozanat buziladi va sistemada o'z-o'zidan yangi sharoitda muvozanatni qayta tiklovchi kimyoviy hamda diffuzion jarayonlar boshlanadi. Kimyoviy muvozanatda termodinamikaning ikkinchi qonunini qo'llash mumkin. Bu qonunga binoan izotsiyalangan (ajratilgan) sistemada kimyoviy muvozanatning shartlaridan biri bu entropiyaning (S) maksimum qiymatga ega bo'lishidir. Muvozonat holatdagi har qanday o'z-o'zidan boruvchi sistemalar uchun shart bo'lgan entropiyaning yanada ortishi sodir bo'lmaydi, ya'ni:  $ds=0$

Gomogen va geterogen sistemalarda muvozanatda, texnologik sharoit asosiy parametrlarning ta'siri Le-Shatel'e prinsipi bilan aniqlanadi. Le-Shatel'e prinsipiga muvofiq muvozanatda bo'lgan sistemaning tashqi taassurot tufayli muvozanati buzilsa, sistemani muvozanatdan chiqaruvchi taassurotni kamaytiradigan tomonga yo'nalgan o'zgarish sodir bo'ladi. Misol tariqasida ekzotermik sintez reaksiyasiga Le-Shatel'e prinsipi qo'llanilishini ko'rib o'tamiz.



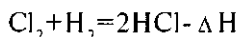
(bu asosiy model reaksiya hisoblanadi, chunki bu reaksiya ko'pchilik ishlab chiqarish jarayonlari uchun masalan,  $\text{SO}_2$  ni  $\text{SO}_3$  gacha oksidlash,  $\text{SO}_3$ ni adsorbsiyasi,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCl}$ , spirtlar, yuqori molekular birikmalar sintezi va boshqalar asosiy reaksiyadir).

Bu tenglama  $a$ ,  $b$  va  $d$  lar  $A$ ,  $B$  va  $D$  lar moddalarning mollar miqdori,

$\Delta H$  — entalpiya o'zgarishi, ya'ni, reaksiyaning issiqlik effekti. Ko'pchilik kimyoviy texnologiya qo'llanmalarida reaksiyaning issiqlik effekti  $Q_p$  (birligi Joul/mol') bilan belgilangan:

$$Q_p = -\Delta H$$

Modda hajmini  $V$  bilan belgilasak, u vaqtda  $VA+VB>VD$  bo'ladi, ya'ni, reaksiya hajmining kamayishi bilan boradi. Olinadigan modda miqdoriga ta'sir etuvchi asosiy sharoitlar bu harorat  $t$ , bosim  $R$  va reaksiyaga kirishayotgan moddalar mahsulotlarning konsentratsiyasi  $CA$ ,  $CV$  va  $CD$ lar dir. Muvozanatning o'ngga siljishi uchun, ya'ni reaksiya mahsulotini ko'paytirish uchun Le-Shatel'e prinsipiga muvofiq, haroratni va mahsulot ( $CD$ ) konsentratsiyasini kamaytirish kerak, ya'ni reaksiya mahsulotini reaksiya muhitidan chiqarib olib turish hamda bosimni va reaksiya muhitida dastlabki moddalar  $CA$  va  $CV$  konsentratsiyasini oshirish kerak.  $CA$  ni oshirish, moddani to'liq reaksiyaga kirishishiga va o'z navbatida  $CV$  ni oshirish esa, moddani to'liq reaksiyaga kirishishiga olib keladi. Bunday amallar ishlab chiqarishda keng qo'llaniladi, masalan, vodorod xloridi sintezida reaksiyaning umumiy tenglamasiga binoan:



Reaksiya mahsuloti ( $HCl$ ) tarkibida xlor gazining bo'lishi maqsadga muvofiq emas (chunki u xlorid kislotani ifloslaydi) vodorot gazining bo'lishi esa zararsiz. Shuning uchun ham sanoatda, gazlar aralashmasida vodorod miqdorini ortiqcha olish yo'li bilan, toza (tarkibida  $Cl_2$  saqlamagan) vodorod xlorid gazini olish mumkin bo'ladi. Geterogen ekzotermik jarayonlarda Le-Shatel'e prinsipini qo'llaganda masalan, gazlar aralashmasini suyuqlikka yutilishida, gazlarni suyuqlikdagi muvozanat konsentratsiyasi yoki gazlarning absorsiya muvozanat darajasi (ya'ni mahsulot unumi) haroratni pasaytirish va bosimni oshirish hamda yutilgan komponentlarning suyuqlik ustidagi parsial bosimini kamaytirish orqali oshiriladi. Parsial bosimni kamaytirish absorsiya zonasidan mahsulotni chiqarib olib turish orqali amalga oshirilishi mumkin, masalan, mahsulotni kristalllab chiqarib olish orqali ( $CO_2$  ni absorbsiyalashda yuttiruvchi sifatida ohakli sutdan foydalanib,  $CaCO_3$  shaklida cho'ktirish orqali ajratib olinadi). Gazlar aralashmasida suyuqlikka yutiladigan komponentning konsentratsiyasini (ya'ni parsial bosimni) oshirish gazni suyuqlikdagi miqdorini oshiradi. Ammo bunda umumiy absorsiya darajasi o'zgarماسligi mumkin.

Le-Shatel'e prinsipiga muvofiq qattiq kristall moddalarning suyuqlikda

erishi, agar bu jarayon endotermik bo'lsa, haroratning ortishi bilan ortadi, chunki kristallik panjaraning yemirilishi uchun sarflanadigan energiya miqdori, odatda, molekulaning sol'vatlanish issiqligidan ko'p, ya'ni ortiq bo'ladi. Bunda bosim amalda ta'sir etmaydi, chunki hajm o'zgarishi juda kam bo'ladi.

**Muvozanat konstantasi.** Muvozanat konstantasi dinamik muvozanatni miqdoriy o'lchash uchun xizmat qiladi. Fizik kimyoda muvozanat konstantasi termodinamik kattalik sifatida aniqlanadi, ammo uni massalar ta'siri qonunidan keltirib chiqarishi ham mumkin. Bu qonunga binoan kimyoviy reaksiya tezligi ayni vaqtda reaksiyaga kirishayotgan moddalarning molyar konsentratsiyalarining ko'paytmasiga to'g'ri proporsionaldir (1864-yilda Kato Maksimilyan Gulberg va Piter Vaagelar massalar ta'siri qonunini kashf etdilar. Bu qonun muvozanatdagi sistemaning reaksiya mahsuloti va dastlabki reagentlarning nisbiy konsentratsiyalarini muvozanat konstantasi deb ataluvchi kattalik orqali ifodalaydi.) (1.6) reaksiya uchun, to'g'ri reaksiya tezligi:

$$U_1 = K_1 [A]^a [B]^b \quad (1.7)$$

teskari reaksiya tezligi esa:

$$U_2 = K_2 [D]^d \quad (1.8)$$

tenglamalar bilan ifodalanadi.

Bu yerda:  $K_1$  va  $K_2$  — to'g'ri va teskari reaksiyaning tezlik konstantalari,  $[A]$ ,  $[B]$  va  $[D]$  — reaksiyaga kirishayotgan va hosil bo'layotgan moddalarning ayni paytdagi molyar konsentratsiyalari (yoki parsial bosimi), ya'ni vaqt o'zgarishi bilan o'zgaruvchi kattalik. Muvozanat konstantasi —  $K$ , muvozanat paytida to'g'ri reaksiya tezlik konstantasini teskari reaksiya konstantasiga bo'lgan nisbatidan keltirib chiqariladi, ya'ni  $U_1 = U_2$  muvozanatda bo'lganda,

$$U_1 = K_1 [A]^a [B]^b = K_2 [D]^d \quad \text{bo'ladi (1.9).}$$

Bundan

$$K = K_1/K_2 = [D]^d / [A]^a \cdot [B]^b \quad (1.10).$$

Bu yerda yulduzcha belgisi moddalar uchun muvozanat konsentratsiyalarni bildiradi. Gazlar uchun  $K$  ni reaksiyaga kirishayotgan komponentlarning parsial bosimi  $R$  bilan, komponentlar konsentratsiyasi  $S$  va nihoyat ularning molyar qismi  $N$  bilan ifodalash mumkin. Bunda  $K_p$ ,  $K_c$  va  $K_x$  lar bilan belgilanuvchi tegishli muvozanat konstantalari hosil

bo'ladi. Ular bir-biri bilan quyidagi tenglamalar orqali bog'liq bo'ladi:

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta N} \quad (1.11)$$

$$K_p = K_c P^{\Delta N} \quad (1.11a).$$

Bu yerda:  $P$  — gazlar aralashmasining umumiy bosimi,  $\Delta N$  — reaksiya natijasida gazlar mollari sonining ortishi. Yuqoridagi model reaksiya (1.6) uchun

$$\Delta N = d - (a + b) \quad (1.12)$$

bo'ladi.

(1.10) tenglamadan texnik hisoblarda muvozanat konstantasi  $K$  ni hisoblashda foydalanilmaydi, chunki muvozanat konsentratsiyasi, odatda ma'lum bo'ladi va  $u$   $K$  ning kattaligiga asoslanib dastlabki ma'lum va aniq bo'lgan konsentratsiyasi bo'yicha aniqlanadi. Turli reaksiyalarning tajriba yo'li bilan, yoki harorat va bosimga bog'liq holda analitik yo'l bilan aniqlangan muvozanat konstantalarining qiymatlari maxsus qo'llanmalar va ma'lumotlar kitoblarida tegishli jadval yoki nomogrammlar shaklida berilgan.  $K$  ni tajriba ma'lumotlariga asoslanib aniqlashda uni mahsulot unumi orqali ifodalaydilar.

**Mahsulot unumi** aylanish darajasini (xomashyoni tayyor mahsulotga aylanishi nazarda tutilmoqda) sharoitga bog'liq holda, muvozanat unumi va faktik unum bilan ifodalash mumkin. Aylanish darajasi dastlabki olingan moddaning (xomashyoning) tayyor mahsulotga aylangan qismini dastlabki moddaning umumiy miqdoriga bo'lgan nisbati bilan ifodalanadi:

$$X = (G_x - G_u) / G_x \quad (1.13)$$

Bunda:  $X$  — aylanish darajasi,  $G_x$  — dastlabki modda (xomashyo),  $G_u$  — hosil bo'lgan tayyor mahsulot (ya'ni oxirgi modda) tarkibidagi reaksiyaga kirishmay qolgan dastlabki modda miqdori, uning o'rniga, moddalarni dastlabki ( $C_x$ ) va oxirgi ( $C_u$ ) konsentratsiyasini qo'yish mumkin. Boshqa usulda aylanish darajasini mahsulot umumiy unumi sifatida hisoblaydilar:

$$X = G_j / G_M \quad (1.14)$$

Bunda:  $X$ ,  $G_j$  — amalda olingan mahsulot,  $G_M$  — asosiy dastlabki moddadan olinishi mumkin bo'lgan maksimal mahsulot miqdori.  $X$  ning (1.13) va (1.14) tenglamalarda aniqlangan qiymatlari son jihatdan tengdir. Asosiy dastlabki modda sifatida odatda, reaksiyon aralashmaning asosiy qimmatbaho komponenti hisobga olinadi, qaysi kim u stexiometrik hisobdan kam bo'ladi. Masalan, sanoatda  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$  reaksiyasida

asosiy reagent  $\text{SO}_2$  hisoblanadi, kislorod esa havo tarkibida bo'lib, qimmatbaho reagent hisoblanmaydi. Shuning uchun havo kislorodi bilan oksidlanish reaksiyalarida, kislorod doim ortiqcha olinadi va qimmatbaho reagent hisoblanmaydi.

Suv ham qimmatbaho reagent hisoblanmaydi va ko'pchilik gidratlanish reaksiyalarida (masalan, gidroliz reaksiyalarida, suv bug'i bilan konversiyalashda va boshqalarda) suv bug'i ortiqcha olinadi. Fazalar aro massalar o'tishida (biror reagentning boshqa reagent ichiga o'tishida) masalan, absorbsiya, desorbsiya, bug'lanish va boshqalaridan asosiy yoki qimmatbaho reagent deganda absorbsiyalanuvchi moddaning barchasi tushuniladi. Kimyoviy reaksiyada qo'llash mumkin bo'lgan bunday unum aylanish darajasi deb ataladi. Masalan, o'tish jarayonida bunday unum (X) fazolar aro o'tish darajasi deyiladi.

Agar (1.14) formulada, sur'atda, sistema muvozanat holatda bo'lganda olingan mahsulot miqdori qo'yilsa, u vaqtda unum muvozanat unumi yoki nazariy unum deyiladi.

$$X_{i,c} = (G_{i,c} / G_i)$$

Amaldagi unum (nazariyga nisbatan olinganda)  $X_o$  jarayonining muvozanatga yaqinlanish darajasini aniqlab beradi va u ko'pincha protsentlar bilan ifodalanadi.

$$X_o = (G_{i,c} / G_i) \cdot 100\% = (G_o / G_i) \cdot \bar{O}_{i,c} \cdot 100\% \quad (1.15)$$

**Jarayonning selektivligi** murakkab, parallel, ketma-ket reaksiyalar uchun muhim ko'rsatkichdir,  $A \rightarrow B \rightarrow D$  reaksiyada, asosiy olinishi kerak bo'lgan mahsulot — B, qo'shimcha (ehtimol ishlab chiqarish chiqindisi) mahsulot D bo'lganda, jarayonning selektivligini quyidagi formula bilan ifodalash mumkin:

$$S = X_B / (X_B + X_D) \quad (1.16)$$

$$S = G_B / G_A \quad (1.17)$$

Bu yerda:  $G_B$  — B — moddaning (mahsulotning) miqdori;  $G_A$  — A — moddaning mahsulotga aylangan qismining miqdori.

Mahsulot unumi moddalar konsentratsiyasi vaqt va haroratga to'g'ri chiziqli emas, balki aksincha bog'liq bo'ladi. Shuning uchun uni jarayonning tezligini baholashda qo'llash har doim ham qulay bo'lavermaydi.

Kinetikasi to'liq o'rganilmagan qator jarayonlar uchun mahsulot unumi jarayonining to'liq borganligi va tezligining yagona o'lchamidir. Agar jarayonning kinetik tenglamasi (reaksiya tezligining asosiy formulasi) ma'lum bo'lsa, u vaqtda reaktor ishlashining intensivligini miqdoriy



baholash uchun va ishlab chiqarish jarayonlarning texnologik hisobi uchun jarayonning tezlik konstantasi —  $K$  dan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Geterogen jarayonlar uchun  $K$  massa uzatish koeffitsienti deyiladi. Massa uzatish koeffitsienti, odatda reaksiyaga kirishayotgan fazalarning haqiqiy va muvozanat konsentratsiyalari har xil bo'lganda, 0,1 MPa bosimda (ya'ni  $1\text{ m}^3$  gaz yoki suyuq fazada 1 kg, bosimda)  $1\text{ m}^2$  yuzada bir fazadan boshqa fazaga 1 soatda o'tgan moddaning kg miqdori bilan o'lchanadi. Jarayonning tezlik konstantasi reaksiyaga kirishayotgan moddalar konsentratsiyasi  $C$  va vaqt  $\tau$  ga bog'liq emas, u faqat haroratning funksiyasidir.

## 1.9. Texnologik jarayonlarning tezligi

Olinishi kerak bo'lgan tayyor mahsulotga nisbatan texnologik jarayonning tezligi bu to'g'ri, teskari va qo'shimcha reaksiyalarning natijaviy tezliklari hamda dastlabki moddalarning reaksiya zonasiga va tayyor mahsulotning reaksiya zonasidan diffuziyalanishidir. Yuqorida ko'rib o'tgan qonuniyat faqatgina olinishi mumkin bo'lgan maksimal nazariy mahsulot unumini aniqlash imkonini beradi, ammo ishlab chiqarish nazariy unumga, odatda dastlabki moddalarning konsentratsiyasi kamayib borishi bilan reaksiyaning umumiy tezligi sekinlashuvi sababli  $U = \dot{U}_1 - \dot{U}_2$  bo'lganligi uchun erishib bo'lmaydi. Qaytmas jarayonlarda esa, ya'ni  $U = 0$  bo'lganda, dastlabki reagentlardan biri to'liq sarflanib bo'lgach, reaksiya tezligi 0 ( $U \rightarrow 0$ ) ga intiladi. Qaytar reaksiyalarda esa muvozanatga erishilganda ya'ni  $U = \dot{U}_1 - \dot{U}_2$  bo'lganda reaksiya tezligi ( $U \rightarrow 0$ ) bo'ladi. Massalar ta'siri qonuniga binoan ajratilgan izolatsiyalangan sistemalarning (1.6) tenglamadagi oddiy reaksiyalar uchun hosil qilingan mahsulot miqdori vaqt o'tishi bilan yuqoriga ko'tariluvchi logarifmik egri chizig'i bo'yicha o'zgaradi (3-rasm), mahsulot unumi —  $X$  ham xuddi shunday egri chiziq bo'yicha (pastga tushuvchi chiziq) o'zgaradi. Vaqt birligida olingan mahsulot miqdori bilan ifodalangan reaksiya tezligi jarayonining boshlanishida ordinata o'qining katta qismini tashkil etadi. Ma'lum  $\tau$  vaqtdan keyin esa faqatgina  $U_1$  qismigina tashkil etadi, xolos. Qaytmas jarayonlarda reaksiya tezligi muvozanatga yaqinlashganda yoki dastlabki olingan moddalar konsentratsiyasi kamayganda nolga intiladi. Bunday sust tezlikda ishlab chiqarish jarayonini olib borish maqsadga muvofiq emasdir, shuning uchun ham uni muvozanatgacha olib borilmaydi. 3-rasmdagi egri chiziqlar vaqti-vaqti bilan, ya'ni davriy ishlovchi (izolatsiyalangan sistemalarni) yoki ideal siqib chiqarish uskunasi sharoitiga

yaqin bo'lgan oqimiy uskunalarda boruvchi har qanday fazalararo massa o'tkazishda va kimyoviy reaksiyalar uchun vaqtga nisbatan jarayonning tezligini (kinetikasini) ifodalaydi.

**Jarayon tezligining asosiy formulasi.** Texnologik jarayonning olinishi kerak bo'lgan tayyor mahsulotning miqdori yoki konsentratsiyasining vaqt o'tishi bilan ortib borishi yoki dastlabki moddalardan birining miqdorini kamayishi bilan xarakterlash mumkin (20-rasm). Bunda modda miqdori massa yoki hajm birligida, konsentratsiya esa massa ulushlarida yoki protsentlarda, hajm birligida, mol' yoki parsial bosimda, massa birliklarida ifodalanadi. Ko'pchilik hollarda tezlikni matematik ifodalash uchun vaqt birligida tayyor mahsulotga aylanish darajasi (mahsulot unumi) ishlatiladi. Agar vaqt birligida (ya'ni, ma'lum vaqt o'tishi bilan) tayyor mahsulot yoki uning konsentratsiyasi to'g'ri chiziqli o'zgarsa (to'liq aralashtirish sharoitida bu holat kuzatiladi) u vaqtda  $\tau_1$  dan  $\tau_2$  gacha o'tgan vaqt oralig'ida tayyor mahsulot miqdori va uning konsentratsiyasi  $G_1$  dan  $G_2$  gacha va  $C_1$  dan  $C_2$  gacha tegishlicha ortadi. U paytda jarayon tezligi quyidagicha yoziladi.

$$U_G = G_2 - G_1 / \tau_2 - \tau_1 = \Delta G / \Delta \tau \text{ yoki } U_C = C_1 - C_2 / \tau_1 - \tau_2 = \Delta C / \Delta \tau \quad (1.18)$$

Vaqt o'lchovi  $\tau=0$  dan, mahsulot miqdori  $G=0$  dan, mahsulot konsentratsiyasi  $C_1=0$  dan boshlansa, u paytda:

$$U_G = G / \tau; v_c = C / \tau; v_x = X / \tau; \quad (1.19)$$

Ideal siqib chiqarish va chala aralashtirish vaqt birligida mahsulot miqdorining  $G$  va konsentratsiyaning  $S$  o'zgarishi to'g'ri chiziqli bo'lmay, balki kamayib borish tartibida bo'ladi (3-rasm) va bunda jarayon tezligi quyidagicha aniqlanadi:

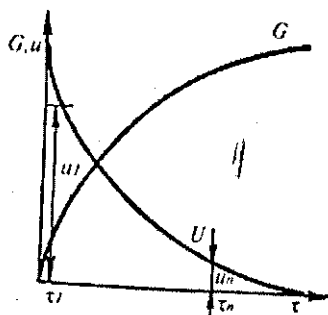
$$U_G = dG / d\tau \text{ va } U_C = dC / d\tau \quad (1.20)$$

Jarayon tezligi tayyor mahsulotga aylanish darajasi bo'yicha aniqlanishi ham mumkin:

$$U = dX / d\tau \quad (1.21)$$

(1.19) va (1.21) ifodalar jarayon turini va reaktor tipini tavsiflaydi, ammo ular hisoblash uchun yaroqsizdir. Shuning uchun ham jarayon tezligini hisoblash uchun quyidagi tenglamalardan foydalaniladi:

I. Gomogen va geterogen jarayonlar to'qnashuv yuzasining ( $F$ ) kattaligi noma'lum bo'lganda, massalar ta'siri qonuniga binoan:



3-rasm. Massalar ta'siri qonuni bo'yicha qaytmas jarayon kinetikasi.  
(p, t=const)

$$U = K \cdot V \cdot \Delta C \quad (1.22)$$

2. Geterogen jarayonlar uchun (ya'ni  $F$  qiymati ma'lum bo'lganda moddalarning fazalar o'tishida) jarayonning tezligi, issiqlik o'tishida qo'llaniladigan Nyuton tenglamasiga o'xshash tenglama bilan ifodalanadi:

$$U = K \cdot F \cdot \Delta C \quad (1.23)$$

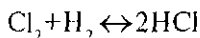
bu tenglamada  $K$  — jarayonning tezlik konstantasi;  $\Delta C$  — jarayonni harakatlantiruvchi kuch;  $F$  — geterogen sistemalarda reaksiyaga kirishuvchi fazalarning bir-biriga tegib turuvchi yuzasi;  $V$  — reaksiya hajmi.

**Jarayon tezligining konstantasi yoki koeffitsienti** murakkab kattalik hisoblanadi. Ular nafaqat reaksiyaga kirishayotgan moddalarning kimyoviy xossalriga, balki ularning fizikaviy tavsifi, uskuna tuzilishi, jarayon olib boriladigan gidrodinamik sharoitlari (oqim tezliklari, aralashtirish darajasi), reaksiyaga kirishuvchi moddalar va reaksiya mahsulotining diffuziyalanishiga bog'liq bo'ladi.  $K$  ning qiymati odatda eskperiment yo'l bilan aniqlanadi. Bir qancha jarayonlar uchun esa turli sharoitlarda  $K$  ning kattaliklari jadval ko'rinishida turli qo'llanmalarda berilgan.

**Jarayonning harakatlantiruvchi kuchi.** Gomogen reaksiyalar uchun massalar ta'siri qonuniga binoan ayni paytda reaksiyaga kirishuvchi moddalar konsentratlarining ko'paytmasi sifatida aniqlanadi. Model reaksiya (1.6) uchun, agar u qaytmas bo'lsa yoki muvozanat holatidan ancha uzoqda borsa:

$$U = K \cdot C_A^a \cdot C_B^b \text{ bo'ladi,} \quad (1.24)$$

bu yerda:  $C_A$  va  $C_B$  — joriy (reaksiya borayotgan paytdagi) konsentratsiya. Masalan, HCl sintezi reaksiyasida



to'g'ri reaksiya tezligini quyidagi formula bo'yicha ifodalash mumkin:

$$U = K \cdot \Delta C = K \cdot C(\text{Cl}_2) \cdot C(\text{H}_2) \quad (1.25)$$

Bunda,  $C(\text{Cl}_2)$ ,  $C(\text{H}_2)$ ,  $\text{Cl}_2$  va  $\text{H}_2$  larning gazlar aralashmasidagi joriy konsentratsiyasi va qaytar reaksiyalar uchun:

$$\Delta C = (C_A - C_A^*)^a \times (C_B - C_B^*)^b \quad (1.26)$$

Bunda,  $C_A^*$  va  $C_B^*$  muvozanat konsentratsiya bo'lib, (1.10) tenglama asosida hisoblab chiqariladi. Agar muvozanat konsentratsiyasini hisoblash qiyin bo'lsa, u paytda model reaksiyasining umumiy tezligini quyidagi tenglamadan foydalanib aniqlash mumkin:

$$U = \bar{U}_1 - \bar{U}_2 = dC_D/dt = \frac{K_1 \times C_A^2 \times C_B^d - K_2 \times C_D^d}{\Delta C_1 \times \Delta C_2} \quad (1.27)$$

Bu yerda:  $C_A$ ,  $C_B$ ,  $C_D$  lar — haqiqiy joriy konsentratsiyalar;  $K_1$ ,  $K_2$

lar — to'g'ri va teskari reaksiyalarning tezlik konstantalari;  $\Delta C_1$  va  $\Delta C_2$  lar — to'g'ri va teskari reaksiyalarning harakatlantiruvchi kuchi (1.22) va (1.25) kinetik tenglamalarda harakatlantiruvchi kuchni komponentlarning parsial bosimi R orqali ifodalash mumkin. Masalan, (1.6) model reaksiya uchun  $v = K_1 \Delta P = K_1 P_a^a \cdot P_b^b$  hisoblash uchun harakatlantiruvchi kuch reaksiyaga kirishayotgan moddalarning boshlang'ich konsentratsiyasi va ularni boshqa moddaga aylanish darajasi orqali ifodalanadi. Massa uzatish uchun vaqtning ayni paytida harakatlantiruvchi kuch —  $\Delta C$  quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\Delta C = C - C^* \quad (1.28)$$

Bu yerda:  $C$  — uzatuvchi faza komponentlarining haqiqiy konsentratsiyasi;  $C^*$  — uzatuvchi fazada muvozanat konsentratsiya (masalan, eritmaga yutilayotgan komponentning eritma ustidagi parsial bosimi)  $\Delta C$  aniqlash uchun formulaning ko'rinishi aralashtirish darajasiga bog'liq bo'ladi. To'liq aralashtirish bo'lsa  $\Delta C$  doimiy bo'lib, oxirigacha bir xil bo'ladi, ya'ni (1.22) (1.23) formulalar bo'yicha hisoblanganda o'rtacha qiymat qo'yiladi, ya'ni  $\Delta C_{o'n} = \Delta C_{ax}$ . Ideal siqib chiqarish va qisman aralashtirishda  $\Delta C$  logarifmik egri chizig'i bo'yicha o'zgaradi va (1.22) (1.23) lardan foydalangan holda quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\Delta C_{o'n} = \frac{\Delta C_b - \Delta C_{ax}}{2,31g \frac{\Delta C_b}{\Delta C_{ax}}} \quad (1.29)$$

bu yerda:  $\Delta C_b$  va  $\Delta C_{ax}$  lar — boshlang'ich (reaktorga kirishdagi) va oxirgi (reaktordan chiqishdagi) harakatlantiruvchi kuch. Reaksiyaga kirishadigan moddalarning bir-biriga tegib turgan sirtini geterogen sistemalarda gidrodinamik jarayonlar bilan aniqlanadi va kuchli aralashtirilganda G-K va S-K sistemalarda gaz va suyuqlik bilan yuvilib turadigan barcha qattiq zarrachalarning sirtiga teng bo'ladi. Ammo G-S va bir-biri bilan aralashmaydigan S-S sistemalarda, kuchli aralashtirilganda, zarrachalarning bir-biriga haqiqiy tegib turgan sirtini aniqlash qiyin. Shuning uchun hisoblashda (1.28) formulaga uskunadagi barcha tokchalarning maydon kesimi suyuqlik bilan yuviladigan nasadkalar yuzasi va boshqa shu kabilarga son jihatdan teng bo'lgan shartli kattaliklar qo'yiladi. Bu jarayonning tezlik konstantasi ham shartli kattalik bo'ladi.

Agar o'zaro ta'sir etuvchi fazalarning bir-biriga tegib turuvchi yuzalarini aniqlash qiyin bo'lsa, hisoblashni reaksiyon hajm  $V$  birligiga o'tkaziladi, ya'ni geterojen jarayonlarni hisoblash uchun

$$U = dG/d\tau = K \cdot V \cdot \Delta C \quad (1.30)$$

formuladan foydalaniladi.

Bunda:  $U$  — jarayon tezligi (vaqt birligida mahsulot miqdori ortib borgandagi jarayon tezligi);  $dG$  — vaqt birligidagi mahsulot unumi;  $d\tau$  — vaqt birligi (oz vaqt davri);  $K$  — jarayonning tezlik konstantasi;  $\Delta C$  — jarayonning harakatlantiruvchi kuchi;  $V$  — reaksiyon hajm kattaligi.

Shunday qilib, jarayon tezligini aniqlovchi kattaliklar  $K, V, F$  lar o'zaro ta'sir etuvchi moddalarning konsentratsiyasiga bog'liq emas va shuning uchun ham turli doimiy sharoitlarda butun jarayon davomida o'zgarmay qolishi mumkin.

Jarayon tezligini oshirish va shunga mos holda apparatning mahsulodrligini oshirish — texnologiyaning asosiy vazifalaridan biridir. Jarayonning tezlik tenglamalarini (1.22) (1.23) analiz qilib  $\Delta S, K$  va  $F$  kattaliklarni aniqlovchi usullar topiladi.

Jarayonning harakatlantiruvchi kuchini  $\Delta C$  oshirishga (1.24) — (1.28) tenglamalardan ma'lumki, dastlabki moddalar konsentratsiyasini ko'paytirish yo'li orqali erishilishi mumkin. Bunga xomashyoni boyitish orqali erishiladi. Gaz fazada sintez jarayoni va gaz komponentlarining sorbsiyalanishi jarayonlari uchun bosimni oshirish xuddi konsentratsiyani oshirgandek ta'sir etadi. Chunki bosim ortganda gaz konsentratsiyasi ortadi.

Ko'pgina muhim ishlab chiqarish jarayonlari, masalan, ammiak va metanol sintezi, og'ir yoqilg'ilarni gidrogenlab benzin olish kabi bir qancha gaz komponentlari reaksiyalari (bularda reaksiya hajmining kamayishi bilan boradi) yuqori bosim (10 MPa dan yuqori) qo'llash tufayligina amalga oshiriladi. Qattiq fazali jarayonlarda o'ta yuqori bosimni qo'llash foyda keltiriladi, chunki u elektron qobiqlarni qayta taqsimlanishiga (qayta qurilishiga), kristallarni deformatsiyalanishiga, fazoviy muvozanatni siljitishga olib keladi. Masalan, metall suyuqlanmasida erigan uglerod (grafit) o'ta yuqori bosimda (10 ming MP gacha bosimda) va yuqori haroratda (2400°C gacha) sanoatda sun'iy olmosga aylantiriladi.

Gazlarda sorbsiyalanishning harakatlantiruvchi kuchi haroratning pasayishi bilan ortadi, chunki bunda muvozanat konsentratsiya kamayadi. Desorbsiya va bug'lanish jarayonlari uchun:

$$\Delta C = C^* - C \quad (1.31)$$

demak,  $C^*$  ning ortishiga olib keluvchi haroratni oshirish foydalidir.

Reaksiya zonasidan mahsulotni kondensatsiyalash, gaz muhitidan

sorbsiyalash yoki suyuqlikdan kristall shaklida cho'ktirib olish yo'li bilan chiqarib olish va shu kabilar muvozanat konsentratsiyasini  $C^*$  kamayishiga va jarayonning harakatlantiruvchi kuchi ortishiga olib keladi. Amaliyotda jarayonning tezlik konstantasiga ta'sir etishini hisobga olgan, harakatlantiruvchi kuchni oshiradigan barcha faktorlarni kompleks qo'llashga intilinadi.

Jarayonning tezlik konstantasi qiymatini oshirishga o'zaro reaksiyaga kirishayotgan moddalarning haroratini oshirish, aralastirishni kuchaytirish, katalizator qo'llash orqali erishish mumkin. Umuman olganda jarayonning tezlik konstantasi to'g'ri  $K_1$  va teskari  $K_2$  reaksiyalar konstantalari va qo'shimcha  $K_k$  reaksiyalar hamda dastlabki moddalarning diffuziyalanish koeffitsientlari  $D_1, D_1'$  va reaksiya mahsulotlari  $D_2, D_2'$  ga bog'liq bo'ladi.

$$K = f(K_1, K_2, K_k, \dots, D_1, D_2, \dots, D_1', D_2') \quad (1.32).$$

Haroratni oshirish reaksiyaning tezlik konstantasini va biroz diffuziya koeffitsientining qiymatlarini oshiradi. Natijada har qanday jarayonning umumiy tezligi haroratning ortishi bilan ma'lum qiymatgacha ortadi va bunda teskari va qo'shimcha reaksiya tezliklarining ortishi to'g'ri reaksiya tezligiga nisbatan kuchayadi, ya'ni  $K_2$  va  $K_k$  tezlik konstantalari qiymati ortadi (1.33).

Kinetik hududda boruvchi ko'pchilik jarayonlar uchun reaksiyaning tezlik konstantasi qiymatiga haroratning ta'siri quyida berilgan Arrenius tenglamasidan foydalanib topiladi:

$$K = K_0 \cdot e^{-\frac{E}{RT}} \quad (1.33)$$

Hisoblashda bu formulaning logarifimli shaklidan foydalaniladi:

$$2.3 \lg \frac{K_2}{K_1} = \frac{E}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (1.34)$$

Bu formulada:  $K_1, K_2$  — tegishli absolut harorat  $T_1$  va  $T_2$  lardagi reaksiyaning tezlik konstantalari qiymati;  $e$  — natural logarifmning asosi;  $E$  — reaksiyaga kirishayotgan moddalarning aktivlanish energiyasi, j/mol;  $R$  — gaz doimiysi (8.3 j/mol·grad). (1.34) tenglamadan foydalanib agar  $E, K_1$ , va  $T_1$  larning qiymatlari ma'lum bo'lsa,  $K_2$  ning qiymatini har qanday haroratda ham aniqlash mumkin va so'ngra reaksiya tezligining harorat koeffitsienti  $\beta$  ni hisoblab chiqarish ham mumkin:

$$\beta = \frac{K_T + 10}{K_T} \quad (1.35)$$

Vant-Goff qoidasiga binoan, odatda harorat koeffitsienti 2—4 ga teng, ya'ni harorat har 10 °C ga ko'tarilganda reaksiya tezligi 2—4 marta ortadi.

Ammo bu qoida taxminiy bo'lib, o'rta harorat hududda (10—400 °C) aktivlanish energiyasi 60—120 kJ/mol bo'lsa, qo'llash mumkin bo'lgan qoidalar gazlar uchun, diffuzion hududda haroratning ta'siri kinetik hududga nisbatan kichik bo'lganligi uchun:

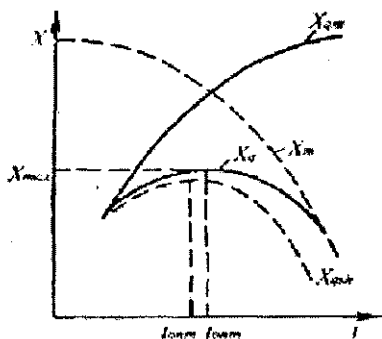
$$D_i = B \cdot \frac{T^a}{P} \quad (1.36).$$

Bu yerda:  $D_i$  — gazning diffuziyalanish tezlik koeffitsienti;  $B$  — gazlarning diffuziyalanish koeffitsienti;  $P$  — gazning umumiy bosimi;  $a$  esa odatda 1,5 — 2,0 chegarasida o'zgaradi.

Suyuqliklar uchun esa:

$$D = B^1 \cdot \frac{T}{\mu} \quad (1.37).$$

Bu yerda:  $B^1$  — diffuziyalanuvchi moddaning molekular massasiga bog'liq bo'lgan doimiy va  $\mu$  — erituvchi qovushqoqligining dinamik koeffitsienti.



4-rasm. Ekzotermik jarayonlar uchun mahsulot unumining haroratga bog'liqligi ( $\tau$ ,  $p$ ,  $c = \text{const}$ )

$X_m$  — mahsulotning muvozanat unumi;  $X_{qm}$  — qaytmas jarayonlar uchun mahsulot unumi;  $X_q$  — qaytar jarayonlar uchun mahsulot unumi;  $X_{qsh}$  — qo'shimcha reaksiyalar bo'lgandagi unum.

Suyuqliklarda qovushqoqlik yuqori bo'lganligi uchun diffuziyalanish gazlarga nisbatan ancha sekin boradi. Eritmalarda diffuziyalanish koeffitsienti gazlarga nisbatan  $10^4 - 10^5$  marta kichik bo'lib,  $10^{-4} - 10^{-5} \text{ sm}^2/\text{s}$  ga teng (gazlarning diffuziyalanish koeffitsienti  $0,1 - 1 \text{ sm}^2/\text{s}$  ga teng).

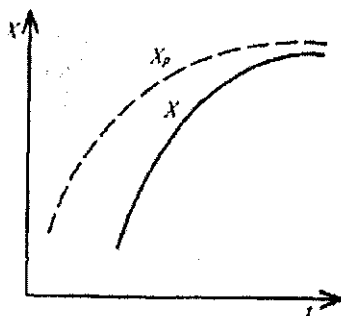
(1.33 — 1.36) tenglamalarga ko'ra haroratning ortishi bilan to'g'ri jarayonning tezligi to'xtovsiz oshib borishi kerak. Ammo ishlab chiqarish amaliyotida haroratning ortishi bilan jarayonning intensivlashuvini chegaralovchi, ya'ni unga to'sqinlik qiluvchi sabablar ko'p.

Birinchidan, qaytar ekzotermik jarayonlar uchun muvozanat sharoiti tufayli haroratni oshirish chegaralanadi, (ya'ni, ma'lum °C gacha bo'lishi mumkin, yanada oshirish teskari reaksiyani tezlatib yuborishi mumkin, 4-rasm).

Yuqori haroratda muvozanat konstantasi qiymati kamayadi va unga mos holda mahsulot unumi  $X_p$  ham kamayadi va harorat ma'lum daraja ko'tarilganda jarayonning kinetikasi uning termodinamikasiga qarshi bo'ladi va  $K_2$  ni o'sishi  $K_2$  dan ortiq bo'ladi. Jarayonning ayni sharoiti uchun optimal harorat  $T_{opt}$  muhim rol o'ynaydi, ya'ni optimal haroratgina eng yuqori tezlikka va maksimal mahsulot unumiga  $X_{max}$  erishiladi. Masalan,  $CO_2$  ning oksidlanish egri chizig'i, metanol va yuqori spirtlar sintezi, ammiak sintezi va boshqalar xuddi shunday ko'rinishga ega. Masalan, metanol va yuqori spirtlar sintezini olib qaraylik. Unda haroratning ortishi qo'shimcha reaksiyalar tezligini oshiradi, shuning uchun ham mahsulot unumi kamayadi.

Endotermik jarayonlar uchun (masalan, metanning suv bug'i bilan konversiyasida) yuqori harorat qaytar ekzotermikka nisbatan ijobiy ta'sir etadi, chunki haroratning ortishi bilan  $K$  va  $K_p$  lar qiymati ortadi. Ammo haroratni cheksiz oshirib borish ham maqsadga muvofiq emas, chunki  $\bar{O}$  ma'lum bir haroratdan so'nib (pasayib) boruvchi egri chiziq bo'yicha o'zgaradi (5-rasm).

Ko'pchilik ishlab chiqarishlarda haroratni oshirish reaksiyaga kirishayotgan moddalarning reaksiya zonasidan chiqib ketishiga olib keladi. Masalan, suyuq reaksiyon aralashmalardan ularning desorbsiyalanib ketishi yoki qattiq reagentlar yuzasi kamayishi sababli (donador shakldagi qattiq aglomeratlar, reagentlar suyuqlanib bir-biriga yopishib qolishi tufayli) ularning ta'sir yuzasi kamayadi. Ko'pgina jarayonlarda qayta ishlanadigan moddalarning yoki apparatlarining issiqqa chidamliligi u qadar katta bo'lmaydi, ma'lum darajada bo'ladi. Shunday qilib, haroratni cheksiz oshirish jarayonining tezlik konstantasini ko'paytirish va harakatlantiruvchi kuchini oshirish uchun zarur. Jarayonning optimal harorati reagentlar tabiatiga va konsentratsiyasiga, dastlabki moddalarning reaksiya mahsulotiga aylanish darajasiga, bosimga, reaksiyaga kirishayotgan fazalarning o'zaro ta'sirotda bo'luvchi sirtiga, ularning aralastirish intensivligiga va nihoyat ko'pchilik jarayonlar uchun qo'llaniladigan katalizatorning aktivligiga bog'liq bo'ladi.



5-rasm.

Endotermik qaytar reaksiyalar uchun mahsulot unumining haroratga bog'liqligi ( $T, P, c = \text{const}$ )



Katalizatorni qo'llash juda foydali bo'lib, u jarayonning harakatlantiruvchi kuchini o'zgartirmay, reaksiyaning tezlik konstantasini keskin oshiradi. Ammo katalizatorni issiqlikka chidamliligi yuqori bo'lmasligi va kontakt zaharlari bilan zaharlanib, o'z ta'sir kuchini yo'qotishi ularni qo'llash doirasini chegaralab qo'yadi. Ular diffuzion jarayonlarni tezlashtirmaydi, shuning uchun ham faqat kinetik hudud uchungina samaradorlidir.

Aralashtirishni, birinchi navbatda sekin molekular diffuziyani tez boruvchi girdobsimon diffuziyaga aylantirish maqsadida diffuzion hududda boruvchi getegoren jarayonlarni tezlashtirish uchun qo'llash maqsadga muvofiqdir.

Ammo shuni unutmaslik kerakki, to'xtovsiz ta'sir etuvchi oqimli apparatlarda aralashtirishni kuchaytirish reaksiyaga kirishayotgan moddalarning o'tacha konsentratsiyasini, ya'ni jarayonning harakatlantiruvchi kuchini kamaytiradi.

Getegoren sistemalarda fazalarning o'zaro ta'sir yuzasini ko'paytirish ham texnologik jarayonlar tezligini oshirishning keng tarqalgan usulidir. Geterogen sistemalarning turiga qarab (G-S, G-Q, S-Q, S-S, Q-Q) fazalarning o'zaro ta'sir yuzasini har xil usullar bilan ko'paytirish mumkin va bu usullar asosan apparat tipi va konstruksiyasini aniqlaydi.

Har qanday sistemalarda ham buning uchun birinchi navbatda qattiq va suyuq (G-Q, S-Q sistemalarda), ya'ni og'ir fazalarning yuzasi ko'paytiriladi. Qattiq fazalarning sirtini xomashyoni maydalab yoki qattiq jism bo'laklarining g'ovakliligini oshirish yo'li bilan ko'paytirish mumkin. G'ovaklikni oshirganda ichki yuza kengaytiriladi va u tashqi yuzadan yuzlab marta katta bo'lishi mumkin.

Suyuq fazaning yuzasini kengaytirish uchun G-S, S-S sistemalarda nasadkalar qo'llaniladi va ular suyuqlik bilan sug'orilganda yuza ancha kengayadi. Bundan tashqari gaz oqimi yordamida suyuqlik sachratiladi.

## **1.10. Kimyoviy reaktorlar va ishlab chiqarishning texnologik sistemalari**

Har qanday kimyoviy texnologik sistemalarning (KTS) asosiy elementlaridan biri kimyoviy reaktor hisoblanadi. Kimyoviy reaktor deb, kimyoviy reaksiyalarni massa va issiqlik ko'chirish (uzatish) bilan qo'shib olib boruvchi jarayonlar amalga oshiriladigan uskunaga aytiladi.

Reaktorgacha o'rnatilgan barcha uskunalar xomashyoni qayta ishlashga tayyorlash uchun mo'ljallangan, reaktordan keyingi uskunalar esa hosil bo'lgan tayyor mahsulotni ajratib olish uchun xizmat qiladi. Tipik reaktorlarga: sanoat pechlari, kontakt apparatlari, mexanik va pnevmatik oqimli aralashtiriladigan reaktorlar, pishirish qozonlari, gidratorlar sintez kolonnalari, asboblari va boshqalar misol bo'la oladi.

Barcha texnologik jarayonlarning samaradorligi reaktorni to'g'ri tanlay bilish va uning takomillashganlik darajasiga bog'liq bo'ladi.

**Sanoat reaktoriga bo'lgan asosiy talablar** kimyoviy ishlab chiqarishning tavsifiga bog'liq bo'lib, quyidagilardan iborat:

1. Yuqori mahsuldorlik va intensivlikni ta'minlashi.

2. Ekzotermik reaksiya issiqligidan va endotermik jarayonlarning borishi uchun tashqaridan beriladigan issiqliklardan to'liqroq foydalanish imkoniyatini berishi.

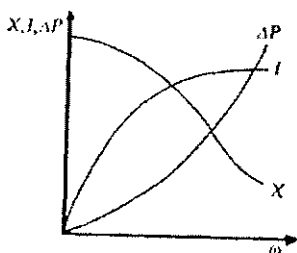
3. Reagentlarni aralashtirish va bir joydan boshqa joyga ko'chirish, tashish kabilar uchun sarflanadigan energiyadan ratsional foydalanib sarfiyotni kamaytirishni ta'minlash.

4. Tuzilishi juda oddiy, oson boshqariladigan va xavfsiz, shu bilan bir qatorda arzon materiallardan (qora metallar, silikatli materiallar, arzon plastmassalar va hokazolar) yasalgan bo'lishi.

5. Imkoni boricha to'liqroq mexanizatsiyalashgan bo'lishi va jarayonlarni boshqarishni avtomatlashtirishni ta'minlashni.

6. Sharoitning asosiy parametrlari ( $C$ ,  $T$ ,  $P$ ) katta qiymatlarda o'zgaranda ham reaktor barqaror ishlab turadigan bo'lishi kerak.

Bu ko'rsatilgan talablar ko'pincha bir-biriga teskari, ya'ni qarama-qarshi xarakterga ega. 6-rasmda gazning tezligini oshirish reaktor ishining intensivligini kamaytirishi ( $X$  egri chizig'iga qarang) yaqqol ko'rinib turibdi.



**6-rasm.** Apparatdagi gaz tezligi  $w$  ortganda reaktorda (mahsulotga) aylanish darajasining, ish intensivligining ( $I$ ) va gidravlik qarshilikning ( $\Delta P$ ) o'zgarishi.

Shu bilan bir qatorda dastlabki moddalarning tayyor mahsulotga aylanish darajasi ham kamayadi va uskunada bosimning o'zgarishi (gidravlik qarshilik) ortadi, ya'ni gazni tashish uchun (reaktordan intensiv o'tkazish uchun) sarflanadigan energiya miqdori ham ortadi. Demak, umumiy mahsuldorlikni istagancha emas, ammo ma'lum bir chegaragacha oshirish mumkin. Ushbu qarama-qarshilikni boshqa misolda ham ko'rish mumkin. Masalan, issiqlikdan foydalanishni yaxshilash issiq almashtirish qurilmalarini murakkablashuviga olib keladi, bu holat esa reaktorning tan-narxini oshirib yuboradi. Shuning uchun ham yuqorida aytilgan talablarni

hisobga olgan holda, chuqur kompleks iqtisodiy hisob-kitoblar qilingandan keyingina reaktor turi tanlanadi.

**Kimyoviy reaktorlarning sinflanishi.** Kimyoviy reaktorlarning sinflanishi asosan kimyoviy texnologik jarayonlarning yuqorida ko'rsatilgan sinflanishiga asoslangan.

Ko'pincha kimyoviy reaktorlar harorat sharoitiga, aralashtirish darajasiga qarab sinflarga bo'linadi. Bundan tashqari reaktorlar xuddi kimyoviy jarayonlar singari past va yuqori haroratli, qo'llaniladigan bosimga qarab — yuqori, o'rtacha, normal va past (vakuumda ishlovchi) bosimda ishlovchi uskunalarga bo'linadi. Reaktorlar yana reagentlarning fazaviy holatiga qarab gomogen va geterogen jarayonlarni amalga oshiradigan uskunalarga, ishning davomiyligiga qarab davriy ishlovchi va uzluksiz ishlovchi uskunalarga bo'linadi. Harorat sharoitiga qarab kimyoviy reaktorlar va unda boruvchi jarayonlar adiabatik, izotermik va politermikka bo'linadi.

Adiabatik reaktorlarda reagentlar oqimi tinch holda borganda (aralashtirilmasa) uni o'rab turgan atrof muhit bilan issiqlik almashinuv jarayoni bormaydi. Ya'ni issiqlik reaktordan reaktor devori orqali yoki isitgichlar orqali tashqariga chiqmaydi va tashqaridan ichkariga ham kirmaydi, yaxshi izolatsiyalangan (ajratilgan) bo'ladi. Reaksiyaning barcha issiqligi reaksiyaga kiruvchi moddalar oqimida (reaksion aralashmada) to'planadi (akkumulatsiyalanadi).

Reaktor balandligining xohlagan nuqtasida harorat sharoiti quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$t_a = t_b \pm \frac{Q'P}{GC} \cdot X \quad (1.38)$$

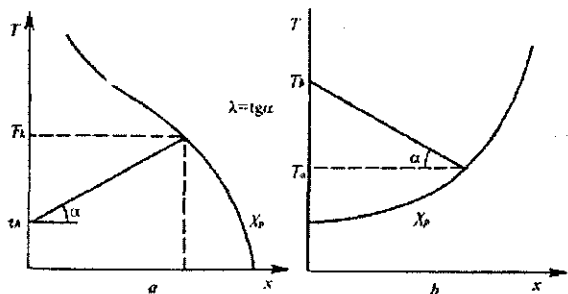
Bunda:  $t_a - t_b$  — sistemaning oxirgi va boshlang'ich harorati;  $Q'P$  — geterogen jarayonlarda, asosiy komponentlar bir fazadan boshqa fazaga to'liq o'tganda reaksiyaning (jarayonning) issiqlik effekti;  $G$  — reaksiyon aralashmaning massasi;  $C$  esa —  $t_b - t_a$  harorat oralig'ida aralashmaning o'rtacha issiqlik sig'imi;  $X$  — aylanish (dastlabki moddaning tayyor mahsulotga aylanish) darajasi.

Bu formula to'g'ri chiziq tenglama bo'lib, unga  $\lambda$  doimiysi kiritilsa ( $\frac{Q'P}{GC} = \lambda$ ), u holda yuqoridagi tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$t_a = t_b \pm \lambda \cdot X \quad (1.39).$$

Tenglamadagi “ + “ belgisi ekzotermik, “ - “ belgisi endotermik jarayonning borishiga taalluqlidir.  $\lambda$  ning qiymatini haroratni  $X$  mahsulot

unumiga bog'liq to'g'ri chiziqdan og'ish burchagi tangensi sifatida aniqlash mumkin (7-rasm).

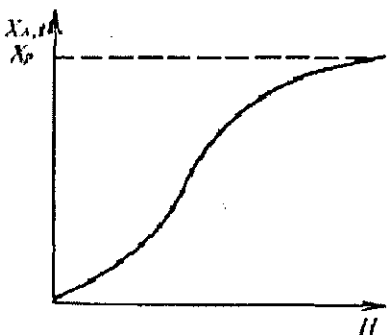


**7-rasm.** Ideal siqib chiqarish adiabatik reaktorlarida mahsulotga aylanish darajasining ortishi bilan haroratning o'zgarishi: a — ekzotermik, b — endotermik jarayonlar.

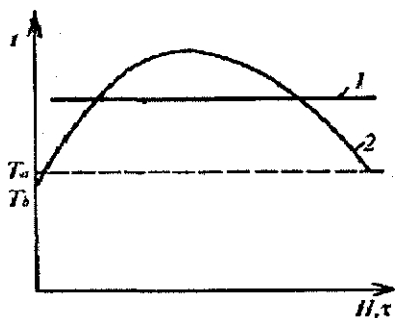
Vaqt ( $\tau$ ) bo'yicha reagentning kelishi (reaksiya tezligi) adiabatik reaktorlarda uskunaning balandligiga ( $N$ ) ( $\tau = H/W$ ), aylanish darajasiga va haroratiga proporsional bo'lib, murakkab egri chiziqlarda o'zgaradi. W esa reagentlarning to'g'ri chizikli ko'rinishidagi tezligini bildiradi (8-rasm).

Bunda haroratning past bo'lganligidan reaksiya tezligi ham kichik bo'ladi, bu holat rasmda egri chiziqning ostki qismiga to'g'ri keladi. Egri chiziqning yuqori qismi nolga intiladi, chunki dastlabki olingan moddaning tayyor mahsulotga aylanish darajasi birga yaqinlashadi.

**Izotermik reaktorlar** reaksiyon hajmning barcha nuqtalarida bir xil o'zgarish haroratga ega bo'ladi, ya'ni 9-rasmdagi I egri chiziqqa asosan bunday reaktorlarning butun reaksiyon hajmida vaqt birligida  $t_a = t_{\text{ov}}$  bo'ladi. ( $t_{\text{ov}}$  — o'rtacha harorat).



**8-rasm.** Adiabatik reaktorlarning  $H$  bo'yicha mahsulotga aylanish darajasi  $x$  ning va haroratning o'zgarishi.



**9-rasm.** Izotermik va poli-termik reaktorlarning harorat tavsifi. 1 — izotermik rejim; 2 — ekzotermik jarayonlarda poli-termik rejim.

Ishlab chiqarish uchun izotermik sharoit nisbatan samaradorli bo'lib, u jarayonni optimal haroratga yaqinlashish imkoniyatini beradi va reaktorni avtomatizatsiyalash imkoniyatini yaratadi.

Izotermik sharoit uskunasi dagi reagentlarni qattiq aralashtirish hamda muallaq turuvchi qatlam (qaynovchi yoki ko'pik qatlam) hosil qilish yo'li bilan yaratiladi.

Dastlabki moddalarning reaksiyon bo'shliqqa tushishi bilan darhol ekzotermik reaktorlarda harorat ortadi, endotermik reaktorlarda esa pasayadi. Bunday hollarda endotermik effektini issiqlik berish, ekzotermik jarayonlarni esa undan issiqlikni olish (chiqarish) yo'li bilan qoplash orqali izotermik sharoitga yaqinlashtirish mumkin. Bunda reaktor balandligining butun hajmida issiqlik berish va olish intensivligi 8-rasmdagi egri chiziq bo'yicha o'zgaradi. Ekzotermik sharoit ko'pincha, dastlabki moddalarning konsentratsiyasi kam bo'lganda, masalan, gazlarni chuqur tozalashda hamda kichik issiqlik effektiga ega bo'lgan reaksiyalarda amalda qo'llaniladi.

Politermik reaktor deb, reaksiya issiqligi jarayondan issiqlikning olinishi yoki berilishi bilan yoki asosiy jarayon issiqlik effektiga teskari ishorali bo'lgan qo'shimcha jarayonning issiqlik effekti bilan qisman qoplanadigan reaktorlarga aytiladi. Politermik reaktorlarga reaksiyon aralashmani aralashtirish darajasi kam bo'lgan va reaksiyon hajm ichida issiqlik almashtirgichlari kam bo'lgan uskunalar misol bo'ladi, masalan, quvursimon

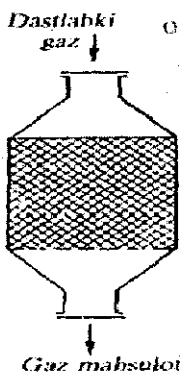
kontakt uskunasi, bunday uskunalarda ekzotermik jarayonlarni amalga oshirilganda harorat uskunaning balandligi  $N$  bo'yicha 2-tavsifdagi egri chiziq hosil qilib o'zgaradi.

Reaksiyaga kirishayotgan massaning gidrodinamik sharoiti bo'yicha (reagentlarning aralashtirish darajasi bo'yicha) uzluksiz ishlovchi (oqimli) reaktorlar ikki turga bo'linadi: ideal siqib chiqarish va to'liq (ideal) aralashtirish reaktorlari.

Ideal siqib chiqarish reaktorlarining tavsiflovchi tomoni shundaki, reagentlar ohistalik bilan, aralashtirilib, ya'ni tinch oqim bilan uskunaning butun uzun bo'yidan o'tadi.

Shaxta turidagi ideal siqib chiqarish reaktorining ishlash prinsipi 10-rasmda berilgan.

Bu uskuna ichi bo'sh, uzun quvursimon bo'lib, ichida chambara o'rnatilgan, ularning ustida qattiq chiqarish reaktori. donador modda to'lg'azilgan bo'ladi. Odatda qattiq moddaning balanddagi uskuna diametridan katta bo'ladi. Qattiq modda



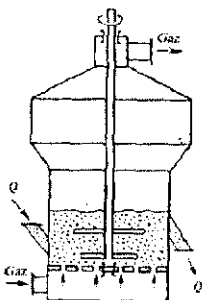
10-rasm. Ekzotermik jarayonlar uchun shaxta tipidagi ideal siqib chiqarish reaktori.

qavatidan gaz o'tib, u bilan reaksiyaga kirishadi. Bunday reaktorlarda dastlabki moddalarning konsentratsiyasi uskuna balandligiga tomon logarifmik egri chiziq bo'yicha kamayib boradi. Ko'pchilik katalitik reaktorlar: gazogeneratorlar, ohak va boshqa moddalarni kuydirish pechlar, domnalar va boshqalar shunday prinsipda ishlaydi. Ekzotermik jarayonlarda reaktorning harorat sharoiti adiabatik bo'ladi. Nasadkali mineralarning ishlash prinsipi ham suyuqliklarga gazlarni suyuqliklardan desorbsiyalanishda yuqoridagiga yaqin bo'ladi.

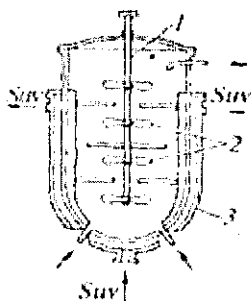
Ideal siqib chiqarish quvursimon uskunasi politermik sharoitda ishlaydi. Bunday uskunalar endotermik katalitik jarayonlar uchun, masalan, metanni suv bug'i bilan konversiyalab, sintez gaz ( $\text{CO} + \text{H}_2$ ) ishlab chiqarishda ishlatiladi. Bunda konversiya quvurchalar ichidagi katalizator yuzasida boradi, quvurlar orasidagi bo'shliqda esa reaksiyaning endotermik effektini qoplash uchun tabiiy gaz yoqiladi.

To'liq aralashtirish reaktorida uskunaga tushgan gaz yoki suyuqlikning har qanday elementar hajmi darhol reaktor hajmining hamma joyidagi moddalar bilan aralashadi. Oqimning girdoblilik (turbulentligi) tufayli (turbulentlik deb, shunday harakatga aytiladiki, unda gaz yoki suyuqlikning barcha massasi bir tomonga girdobsimon harakat qilgan holda aralashadi) uskuna balandligi va ko'ndalang kesimiga tomon to'g'ri chizikli harakat tezligiga nisbatan, bir necha marta kattadir. Bunday uskunalarda reaktorning butun hajmida barcha moddalarning konsentratsiya va boshqa moddaga aylanish darajasi, reaksiya tezligi, harorati va boshqa parametrlari bir xil va oxirgi holatiga teng bo'ladi.

Ichida aralashtirgichi bo'lgan qaynovchi qavatli katalitik reaktorlarda (11-rasm) gaz va mayda zarrachali katalizator, varrakli aralashtirgichning ta'siri

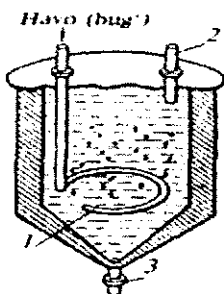


11-rasm. Izotermik rejimli to'liq aralashtiruvchi reaktor-aralashtirgichli qaynovchi qavatli katalitik apparat.



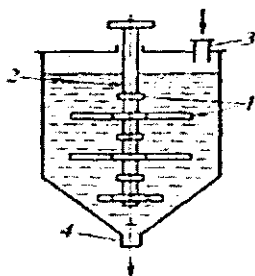
12-rasm. Parrakli aralashtirgichi bo'lgan reaktor:

1 — o'q(val); 2 — aralashtirgich; 3 — suv ko'ylagi(g'ilofi).



**13-rasm.** Pnevmatik aralash-tiruvchi reaktor:

1 — barbater; 2 — havo chi-qaradigan va suyuqlik solinadigan teshigi; 3 — mahsulot chiqariladigan joyi.



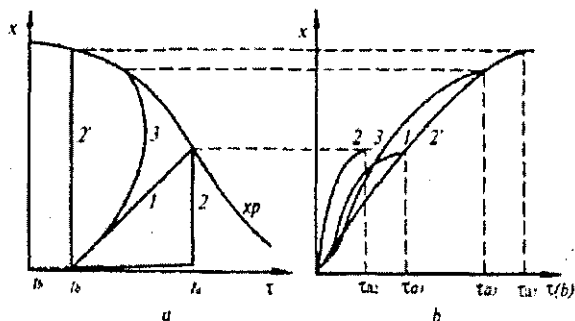
**14-rasm.** Varrakli aralash-tirgichi bo'lgan reaktor: 1 — varragi; 2 — o'q (val); 3 — dastlabki modda solinadigan joyi; 4 — mahsulot chiqariladigan joyi.

bilan birgalikda, qaynovchi qavatning girdobli harakati tufayli intensiv aralashadi.

Suyuq fazada aralash-tiruvchi qurilmasi bo'lgan reaktorlarda, to'liq aralash-tirish sharoitiga yetarli darajada yaqinlashishga erishiladi (12 — 13-rasmlarga qarang). Qattiq moddalarni suyuqliklarda suspenziyasini hosil qiluvchi reaktorlarda (14-rasm) ham yuqoridagidek natijaga erishish mumkin. Bunday reaktorlar ishlab chiqarishning ko'pgina tarmoqlarida keng qo'llaniladi. Masalan, kimyoviy, neft-kimyoviy, oziq-ovqat sanoatlarida hamda rangli metallar, qu-rilish materiallar va boshqalarni ishlab chiqarishda aralash-tirish va siqib chiqarish reaktorlarning harorat sharoitlari taqqoslan-gan.

15-b rasmda esa turli turdagi reaktor-larda dastlabki mod-dalarning tayyor mahsulotga aylanish darajasining vaqtga bog'liqligi ko'r-satilgan.

Izotermik ara-lash-tirish reaktor-



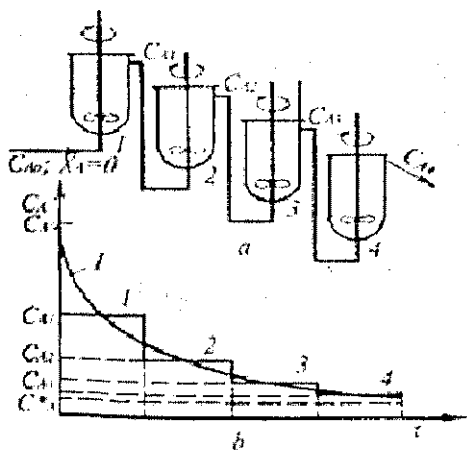
**15-rasm.** Adiabatik va politermik siqib chiqarish reaktorlarining tartiblarini izotermik to'liq aralash-tirish reaktori tartiblari bilan taqqoslash (a)/ turli reaktor tiplarida dastlabki moddaning mahsulotga aylanish darajasining vaqtga bog'liqligi (b). 1 — siqib chiqarish adiabatik reaktori; 2 — izotermik aralash-tirish reaktori; 3 — politermik siqib chiqarish reaktori. Reaksiya vaqtining oxiri b rasmda  $\tau_a$ ,  $\tau_{a2}$ ,  $\tau_{a3}$  lar bilan belgilangan.

larida (2-chiziq) adiabatik ideal siqib chiqarish reaktorlariga qaraganda (1-chiziq) boshlang'ich harorat  $t_b$  har ikkalasida ham bir xil bo'ladi, jarayonning o'rtacha harorati ancha yuqori bo'ladi. Demak S. Arrenius tenglamasi (1.28) yoki (1.29) tenglamaga muvofiq reaksiyaning tezlik konstantasi haroratning ortishi bilan eksponensial ortib borsa-da (ko'paytma shaklida), reaksiyaning tezlik konstantasi, aralashtirish reaktorlarida esa issiqlik effekti katta bo'lganda, siqib chiqarish reaktorlariga qaraganda ko'p marta (5-6 marta) katta bo'lishi mumkin. Reagentlarni to'liq aralashtirish sharoitiga yaqin bo'lgan sanoat reaktorlarida to'plangan sovitish manbalari bo'lmasligi sababli (odatda siqib chiqarish reaktorlarida ayniqsa devorida sovitish manbalari to'plangan bo'ladi) tezlik konstantasi qo'shimcha ravishda ortadi. Bundan tashqari aralashtirganda diffuzion qarshilikni yuqotganligi sababli ham tezlik konstantasi anchagina ortadi. Natijada aralashtirish reaktorida talab qilingan tayyor mahsulotga aylanish darajasiga erishish uchun kerak bo'ladigan reaksiya vaqti  $\tau$ , siqib chiqarish sharoitida ishlovchi reaktorga nisbatan kam bo'lishi mumkin (15 (b)-rasm).

Ammo aralashtirish reaktorlarida reaksiyaga kirishayotgan moddalarning konsentratsiyasi oxirgi holatga  $C_v$  teng, ya'ni minimal bo'ladi ( $C_g$  — dastlabki konsentratsiya). Demak, tayyor mahsulotga aylanish

darajasi yuqori bo'lgan bitta reaktorda reaksiyaning harakatlantiruvchi kuchi  $\Delta C$  siqib chiqarish reaktoriga nisbatan ko'p marta kichik bo'lishi mumkin. Shuning uchun bitta katta reaktor o'rniga odatda bir necha ketma-ket reaktorlar o'rnatiladi (16a- rasm), yoki bir korpusga bir necha pog'onalar (tokchalar) o'rnatiladi.

Bunda har bir reaktorda dastlabki moddalarning konsentratsiyasining o'zgarishi va tayyor mahsulotga aylanish darajasi unchalik katta



16-rasm. Ketma-ket ulangan to'liq aralashtirish reaktorlari: a — ketma-ket ulanish sxemasi; b — dastlabki asosiy modda konsentratsiyasining o'zgarishi.



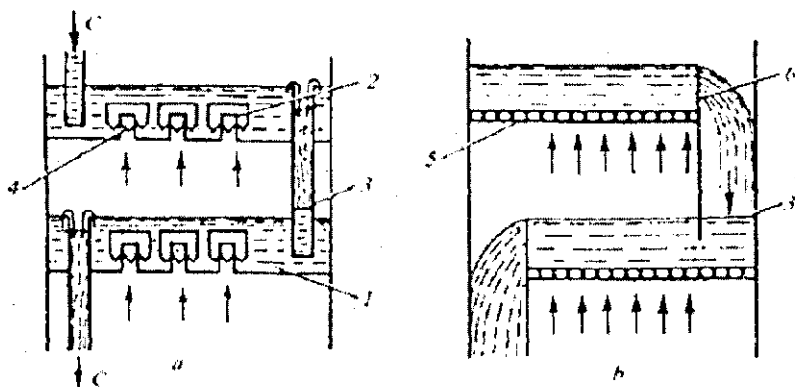
bo'lmaydi (16-b rasm), ammo, tayyor mahsulotga aylanish darajasi jami (ketma-ket ulangan reaktorlarni ng hammasini birgalikda qo'shib hisoblaganda) 1—4-siniq chiziqlarda ko'rsatilganidek siqib chiqarish sharoitidagidan (1-egri chiziq) kam bo'lmaydi. Chunki ketma-ket ulangan reaktorlarda reaksiyalar aralashmalarining tarkibi bir reaktordan ikkinchisiga o'tgan sayin o'zgarib boradi (16-a rasm).

Agar bitta aralashtirish reaktorining o'zida tayyor mahsulotga aylanish darajasini maksimumga ko'tarish zaruriyati tug'ilsa, u paytda jarayon  $t_b$  da (15-rasm 2<sup>1</sup>-chizig'i) yoki 2. va 2<sup>1</sup> chiziqlari oralig'idagi qandaydir izotermada o'tkaziladi, ammo bunda vaqt  $t^1$  ortadi va reaktor hajmi  $V$  katta bo'ladi.

Politermik sharoitda ishlovchi siqib chiqarish reaktorlarning issiq almashtirgichlari uskuna ichida bo'lib (qurilishi ancha murakkab), u tayyor mahsulotga aylanish darajasini oshirish imkoniyatini yaratadi, (3-chiziq) ammo baribir izotermadagidan past (15-rasm 2<sup>1</sup>-chizig'i) bo'ladi.

Aralashtirish reaktorlarida reaksiyaga kirishuvchi massani aralashtirish uchun qo'shimcha energiya sarflana di, shuning uchun ham ular  $\Delta C$  ning kamayishidan ko'ra  $\kappa$  ning ortishi katta bo'lgandagina iqtisodiy nuqtayi nazardan maqsadga muvofiq bo'ladi, ya'ni jarayonning umumiy tezligini olganda, siqib chiqarish reaktorlariga nisbatan ancha yuqoridir.

Ko'pchilik ishlab chiqarish reaktorlari, reaksiya mahsulotini reagentlar bilan qisman yoki lokal (ma'lum bir joyini) aralashtirish sharoitida ishlaydi, real, ya'ni amalda ishlatiladigan reaktorlar to'liq aralashtirish va ideal siqib



17-rasm. Barbatajli apparat tokchalarining (tarelka) sxemasi: a — gazni qalpoqchalar orqali taqsimlovchi apparat; b — panjarali (to'rsimon tarelkali) apparat; 1 — qalpoqchali tarelka; 2 — qalpoqcha; 3 — suyuqlik oshib tushuvchi quvurcha; 4 — gaz o'tuvchi quvurcha; 5 — to'rsimon tarelka; 6 — quyuvchi ostonasi.

chiqarish reaktorlarining o'rtasidagi oraliq bir holatni egallaydi. Bunga misol qilib: barbatajli (qattiq aralashtiruvchi) uskunalar (17-rasm), suyuqlikni sachratuvchi uskunalar (18-rasm) turli xildagi pechlar, (57-, 46-rasmlar) katalitik reaktorlarni (30-rasm) ko'rsatish mumkin.

Ushbu reaktorlarning turlari ideal siqib chiqarishning murakkab matematik va kinetik modellash hamda diffuzion modellash (jarayonning tezligiga diffuzion tormozlanishning ta'sirini hisobga oluvchi modellash usuli) tenglamalariga asoslanib hisoblanadi.

Turli kimyoviy-texnologik jarayonlarga ta'sir etuvchi har xil faktorlarni tavsiflab tushuntirib beruvchi matematik tenglamalarni chiqarish va ulardan hisoblashlarda hamda jarayonlarni va reaktorlarni optimallashtirishda (eng maqbul yoki eng yaxshi natija beradigan holatga keltirish) foydalanishga matematik modellash deyiladi.

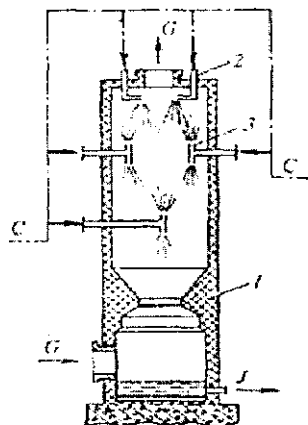
Ishlab chiqarishni kompleks avtomatlashtirish uchun nafaqat reaktorlarni, balki barcha kimyoviy-texnologik sistemalarni hisoblash va modellash zarur.

**Kimyoviy-texnologik sistema (KTS).** Xomashyoni (dastlabki materiallarni) qayta ishlab tayyor mahsulotga aylantirish uchun fizikaviy va kimyoviy jarayonlar amalga oshiriladigan, o'zaro ta'sirotda ya'ni bir-biriga bog'liq bo'lgan uskunalarning birgalikda yig'indisiga KTS deb ataladi.

Bu bo'limgacha kimyoviy texnologik aylanishlar amalga oshadigan alohida uskunalar va jarayonlarni ko'rib o'tdik va ularni intensivlash yo'llari ko'rsatib o'tildi. Amaliyotda real kimyoviy ishlab chiqarishlar, xomashyoni qayta ishlab iste'mol mahsulotlariga va ishlab chiqarish vositalariga aylantirishga mo'ljallangan, bir-biri bilan o'zaro uzviy bog'liq bo'lgan birqancha texnologik uskunalarning umumiyligi, ya'ni birgaligidan iborat bo'ladi. Bu murakkab kompleks bo'lib, ko'pchilik hollarda uskunalar ishining optimal parametrlari bir-biri bilan mos kelmaydi. Masalan, sulfat kislota ishlab chiqarish jarayoni bir necha ketma-ket bosqichlardan iborat bo'lib, ularning harorat va gidrodinamika sharoitlari turlicha bo'ladi:

1. Kolchedanni kuydirish qaynovchi qavatli pechlarda (to'liq aralashtirishga yaqin sharoitda) 700° C haroratda olib boriladi.

2. Kuyindi gazlarni tozalash 30° C. haroratda nasadkali minoralarda



**18-rasm.** Suyuqlikni sachratuvchi minora:

- 1 — minora korpusi;
- 2 — suyuqlikni bir tomonga sachratuvchi sachratgich;
- 3 — forsunka.

(ideal siqib chiqarishga yaqin sharoitda) va elektrfiltrlarda amalga oshiriladi.

3. Oltinugurt (IV) oksidini, (VI) oksidgacha oksidlash 440—600° C haroratda kontakt uskunalarida (masalan, tokchali kontakt uskunasi, ya'ni uni uyali model deb qarash mumkin) olib boriladi.

4.  $\text{SO}_3$  ni absorbsiyalashda 50° C haroratda nasadkali minoralarda amalga oshiriladi.

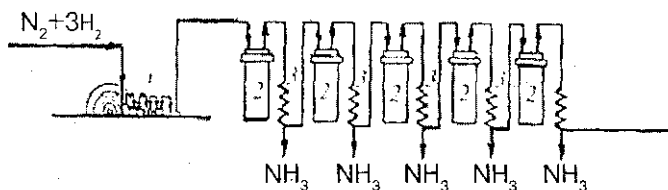
Demak, butun bir ishlab chiqarish korxonasiining optimal faoliyat ko'rsatishi faqat bitta yoki ikkita uskunaning optimal ishlashi bilangina tavsiflanmaydi. Shuning uchun ham texnologik jarayonning ayrim elementlarini tekshirish bilangina cheklanib qolmay, shu bilan bir qatorda kimyoviy texnologik sistemani yaxlit (butunligicha) tekshirish zarur.

KTS tarkibiga kiruvchi jarayonlar va ularga taalluqli uskunalarni tartib bilan birin-ketin xarakterlab berishga texnologik sxema deyiladi.

Ishlab chiqarishning kimyoviy texnologik sistemasi va sxemasini ikki turga: ochiq zanjirli va siklik (aylanma) turga bo'lish qabul qilingan.

Ochiq zanjirli sxemadagi uskunalardan reaksiyaga kirishayotgan barcha komponentlar yoki o'zaro ta'sirotda bo'lgan fazalardan biri faqat bir marta o'tadi. Agar bitta uskunaning tayyor mahsulotga aylantirish darajasi kichik bo'lsa, u vaqtda bir necha bir xil tuzilishga ega bo'lgan uskunalar ketma-ket ishga tushiriladi, masalan, reaktorlar batareyasini ko'rsatish mumkin (19-rasmda KTS ochiq zanjirli sxemasi gaz fazali jarayonda ko'rsatilgan).

Ochiq zanjirli sxema muvozanat shartlariga muvofiq reaksiyon aralashmadan



**19-rasm.** To'g'ri oqimli sistemada apparatlarning ochiq zanjirli qurilmasida ammiak sintezi: 1 — yuqori bosimli kompressor; 2 — katalizatorli ammiak sintez minorasi; 3 — sovitgich, ammiak kondensatori.

tayyor mahsulotni ajratib olmasdan tayyor mahsulotga aylanish darajasi yuqori bo'lishiga erishish mumkin bo'lganda ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

Muvozanat unumi katta bo'lmagan jarayonlar siklik sxema bo'yicha amalga oshiriladi. Bunda reaksiyon aralashma reaksiyon zona orqali har gal o'tganda tayyor mahsulot aralashmadan ajratib olinadi. Jarayonning tezligi shuning uchun ham katta bo'ladi.

Siklik sistema reaksiyon aralashmani yoki geterogen jarayonda fazalardan

birini toki tayyor mahsulotga aylanishning mo'ljallangan darajasiga erishmaguncha bir uskunaning o'ziga ko'p martalab qayta-qayta kiritilishini ta'minlovchi sistemadir. Siklik sxemaga misol qilib ammiak sintezini, motor yoqilg'isi sintezini va boshqalarni ko'rsatish mumkin. Bunda bir sikl mobaynida (xomashyo reaktor ichidan bir marta o'tganda) dastlabki moddaning ma'lum bir qismi tayyor mahsulotga aylanadi, ammo aralashmadan tayyor mahsulot ajratib olingach, reaksiya aralashma yana reaktorga qaytarib kiritiladi (chiqarib yuborilmaydi) va bu jarayon dastlabki moddaning amalida hammasi tayyor mahsulotga aylanguncha davom etadi. Sirkulatsiyalanuvchi (aylanib keluvchi) aralashmaga bir sikl mobaynida tayyor mahsulotga aylanish uchun sarf bo'lgan xomashyoga teng miqdorda toza xomashyo qo'shiladi.

Qurama texnologik sistema ham qo'llaniladi. Bunda reaksiyaga kirishayotgan fazalarda biri navbat bilan uskunalaridan bir marta o'tadi, boshqalari esa sistemaning ba'zi uskunalari orqali sirkulatsiyalanadi, ya'ni qayta-qayta o'tkaziladi. Sanoat ishlab chiqarishi taraqqiyotining asosiy yo'nalishlaridan biri siklik KTS ni ishlab chiqishdir. Bu sistema ochiq zanjirli sistemaga nisbatan ancha ixcham, chunki u kam kapital mablag' talab qiladi va chiqindisiz ishlab chiqarishga yaqinlashishga imkon beradi. Ammo, asosiy dastlabki moddalarning konsentratsiyasi kam bo'lganda iqtisodiy nuqtayi nazardan ochiq zanjirli sistema afzal hisoblanadi.

## II bob. KATALITIK JARAYONLAR

### 2.1. Katalitik jarayonlarning tavsifi

Kataliz kimyoviy reaksiyalarni tezlashtirishning eng samarali va ratsional vositasidir. Kataliz hodisasini birinchi bo'lib, arab alximigi Abu Musa Jarib 702-yilda sulfat kislota ishtirokida spirtidan efir olish misolida kuzatdi. XVIII asr oxirlari va XIX asr boshlarida kimyo fanida kataliz hodisasini sistemali o'rganila boshlandi. Kataliz so'zi grekcha "katalysis" so'zidan olingan bo'lib, "buzish" ma'nosini anglatadi. Katalizator so'zini 1835-yilda Berselius fanga kiritdi.

Katalizator ta'sirida kimyoviy reaksiya tezligining o'zgarishi hodisasiga kataliz deyiladi. Katalizatorlarni sanoatda qo'llash kun sayin ortib bormoqda. So'nggi yillarda o'zlashtirilgan yangi ishlab chiqarishlarning 90% dan ko'prog'ida katalizatorlar qo'llaniladi. Katalitik reaksiyalar kimyo va termodinamikaning umumiy qonuniyatlariga bo'ysunadi, ammo katalizatorlarning ta'siri kimyoviy jarayonlarni amalga oshishini ancha osonlashtiradi. Katalizatorlar reaksiya tezligini minglab, hatto millionlab marta oshiradi, reaksiyalarni nisbatan past haroratda borishini ta'minlaydi. Demak, ular iqtisodiy jihatdan ham foydalidir. Ko'pgina ishlab chiqarish jarayonlarini katalizator tufayligina amalga oshirish mumkin bo'ldi.

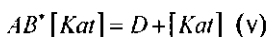
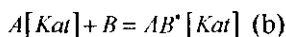
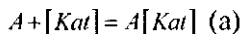
Kataliz muhim anorganik mahsulotlar: vodorod, ammiak, sulfat va nitrat kislotalarini ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Katalizdan ayniqsa organik moddalar ishlab chiqarish texnologiyasida keng foydalaniladi. Masalan, katalizatorlar qo'llash bilan polimerlar, sintezlash uchun yarim mahsulotlar olinadi. Polimerlanish va polikondensatlanish reaksiyalari ham katalizator ishtirokida boradi. Neftni qayta ishlash usullarining ko'pchiligi katalizator qo'llashga asoslangan. Masalan, katalitik krekning, riforming, izomerizatsiya, aromatizatsiya, uglevodorodlarni alkillash va boshqalar. Tirik tabiatda amalga oshadigan kataliz prinsiplaridan foydalanish bir qator ishlab chiqarish tarmoqlarini ratsional qayta qurish va oziq-ovqat resurslarini kengaytirish imkonini bergan bo'lar edi.

### 2.2. Kataliz turlari va uning mohiyati

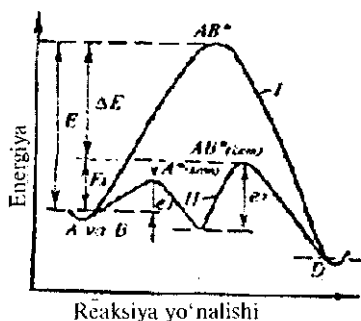
Reaksiya tezligini o'zgartiradigan, lekin o'zi reaksiya natijasida kimyoviy jihatdan o'zgarmaydigan moddalar katalizator deyiladi. Ko'pchilik kimyoviy reaksiyalar oraliq kompleks hosil qilish orqali boradi. Reaksiyaning kinetik xossalari: tezligi, yo'nalishi va unga har xil tashqi sharoitning ta'siri, aktiv kompleksning tarkibi, tuzilishi, xossalriga bog'liq bo'ladi. Katalizatorlar reagentlar bilan ko'p martalab kimyoviy ta'sirlashib,

o'z massasidan minglab, millionlab marta katta massali mahsulot hosil qiladi. Ular reaksiyaning oraliq bosqichlarida ishtirok etib, elementar bosqichlar sonini va xarakterini o'zgartirishi mumkin. Masalan,  $A + B = D + \dots$  bimolekular reaksiya uchun reaksiya sistemaning energetik tasvirini ko'rib o'taylik. Katalizatsiz reaksiya  $AB^*$  aktiv kompleks hosil bo'lishi bilan boradi.

Katalizatorlar ishtirokida esa reaksiya boshqa yo'l bilan, bir necha elementar bosqich orqali boradi:



20-rasmda reaksiyaga kirishuvchi sistemaning katalizatsiz va katalizator ishtirokida energiyasining o'zgarishi ko'rsatilgan.



20-rasm. Katalitik va nokatalitik reaksiyalarda reaksiyaga kirishuvchi sistema energiyasining o'zgarishi.

yo'lini o'zgartirishi orqali kimyoviy reaksiyaning aktivlanish energiyasini kamaytirishidir. Ammo ba'zi bir tip katalitik reaksiyalarda  $E$  ning

kamayishi bilan bir qatorda  $K = K_0 \cdot e^{\frac{E}{RT}}$  Arrenius tenglamasidagi predeksponentsial ko'paytmaning kamayishi ham sodir bo'ladi.

Natijada katalitik reaksiyaning tezlik konstantasining ortishi birmuncha sekinlashadi. Katalizator vaqt o'tishi bilan o'z aktivligini kamaytirib boradi va butunlay yo'qotishi, yaroqsiz holga kelishi mumkin.

Katalizatorning faolligi  $-a$  ayni reaksiyaning tezlashtirish ta'sir o'lchami

hisoblanadi. Faollik sharoitga bog'liq holda, aktivlanish energiyasi yoki nokatalitik va katalitik reaksiyalar tezliklari orasidagi farq yoki berilgan texnologik sharoit parametrlariga asosan asosiy reaksiyadan olingan mahsulot unumi bilan ifodalanadi. Katalizatorning faolligi —  $a$  ko'pincha katalitik reaksiyaning tezlik konstantasini nokatalitik reaksiya konstantasiga bo'lgan nisbati bilan xarakterlanadi. Bunda har ikkala holda ham reaksiyalarning texnologik sharoit parametrlari: reagentlar konsentratsiyasi, harorat, bosim va boshqalari bir xil bo'ladi.

Predeksponsial ko'paytmaning qiymatlari bir xil bo'lganda

$$a = \frac{e^{-\frac{E_k}{RT}}}{e^{-\frac{E}{RT}}} = e^{\frac{\Delta E}{RT}} \quad (2.1)$$

$$\Delta E = E - E_k \quad (2.2)$$

Katalizatorning faolligi ko'pgina omillarga: uning tarkibiga, qattiq katalizator yuzasining xarakteri va kattaligiga, texnologik sharoit parametrlariga bog'liq bo'ladi. Sanoat katalizatorlarining tabiati ularning asosiy texnologik tavsifini: aktivligi, yonish harorati, selektivligi (tanlab ta'sir etishi), yedirilishga chidamliligi, zaharlanuvchanligi va boshqalarga bog'liq bo'ladi. Ammo katalizatorning eng asosiy tavsifi bu uning faolligidir. Kimyoviy reaksiyaning harakatlantiruvchi kuchi doimiy bo'lganda katalizatorning faolligi (2. 1) formula yoki quyidagi tenglama bo'yicha aniqlanadi:

$$a = U_r - U(1 - \phi k) \quad (2.3)$$

Bunda:  $U_r$  va  $U$  — katalizator ishtirokida va katalizatorsiz boruvchi kimyoviy reaksiyalarning tezliklari;  $\phi k$  — katalizator egallagan reaksiyon fazaning ulushi.

Qandaydir kimyoviy reaksiyalarga turli sharoitlarda katalizator aktivligini taqqoslash uchun, faollikni katalitik jarayonning intensivligi orqali ifodalash ham mumkin.

$$a = G_n / V\tau \quad (2.4)$$

Bunda:  $G_n$  —  $\tau$  vaqt oralig'ida olingan mahsulot miqdori;  $V$  — katalizator egallagan hajm (to'kib qo'yilgan katalizatorning egallagan hajmi). Katalizatorning faolligi qanchalik katta bo'lsa, jarayonni shunchalik past haroratda olib borish mumkin. Bu holat kattagina iqtisodiy va texnologik ustunlik beradi. Masalan, qaytar ekzotermik reaksiyalarning amaldagi va muvozanat unumini oshiradi, qo'shimcha mahsulotlar miqdorini kamaytiradi, xomashyoga bo'lgan sarfiyot koeffitsientini pasaytiradi,

mahsulot sifatini yaxshilaydi. Reaksiyon aralashmaning, qattiq katalizator ishtirokida ishlab chiqarishga yetarli tezlikda, jarayonning ketishi uchun zarur bo'lgan minimal energiyani ta'minlab beruvchi harorati yoqish harorati deyiladi. Amaliy jihatdan olganda past yoqish haroratida boruvchi jarayonlar maqbul hisoblanadi va haroratning qiymati reaksiyon aralashmaning tarkibi va katalizatorning aktivligiga bog'liq bo'ladi. Katalizatorlar ma'lum harorat intervalida ishlaydi. Yoqish harorati bu pastki chegara, yuqori chegara katalizatorning termik mustahkamligidan, dastlabki moddalar va reaksiya mahsulotlaridan aniqlanadi. Ko'pchilik katalizatorlar juda kichik ish harorat intervaliga (bir necha o'n gradus) ega. Shuning uchun ham bunday katalizator bilan ishlash alohida katta diqqat, sinchkovlik talab qiladi.

Ba'zi katalizatorlar tanlab ta'sir etish xossasiga ega bo'lib, bir necha termodinamik jihatdan borishi mumkin bo'lgan reaksiyalardan faqat bittasini tezlashtiradi. Bunda katalizator ta'sirida boruvchi reaksiyaning borishi uchun zarur bo'ladigan harorat pasayadi, natijada boshqa jarayonlar ketmaydi.

Katalizator ta'sirining selektivligi  $J_k$  olinishi kerak bo'lgan mahsulotning hosil bo'lish tezligini asosiy dastlabki reagentlarning barcha yo'nalishlari bo'yicha mahsulotga aylanishining umumiy tezligiga bo'lgan nisbati bilan aniqlash mumkin:

$$J_k = \frac{dG_n}{\frac{v_n}{v_{dast}}(1 - dG_{dast})} \quad (2.6)$$

bu yerda:  $G_n$  — mahsulot miqdori;  $G_{dast}$  — asosiy dastlabki reagentlar;  $v_n/v_{dast}$  — asosiy dastlabki moddalardan mahsulot hosil bo'lishida stexiometrik koeffitsientlar nisbatlari. Katalizator ta'sirining umumiy (integral) selektivligini quyidagi formula bo'yicha aniqlash mumkin.

$$J_k = \frac{G_n}{G} = \frac{G_n}{G_n + G_{qo'sh}} \quad (2.7)$$

Bunda:  $G_n$  — tayyor mahsulotga aylangan asosiy reagent miqdori;  $G_{qo'sh}$  — qo'shimcha reaksiyalarga kirishgan dastlabki reagent miqdori;  $G$  — dastlabki reagentning umumiy miqdori.

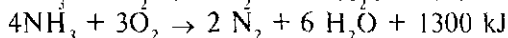
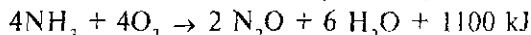
Juda kichik ishlab chiqarish jarayonlarida katalizatorning selektivlik ta'siri katta ijobiy rol o'ynaydi. Katalizatorning yuqori darajada tanlab ta'sir etish hissasiga nitrat kislota ishlab chiqarishdagi ammiakni oksidlash jarayonini misol qilib ko'rsatish mumkin. Bunda platinali katalizator asosiy



reaksiyaning, ya'ni ammiakni NO gacha oksidlash reaksiyasini keskin tezlatadi (reaksiya sekundning o'ndan bir ulushlari ichida tugallanadi).



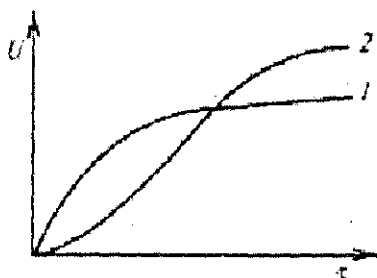
Qo'shimcha reaksiyalar esa (ammiakning  $\text{N}_2\text{O}$  va  $\text{N}_2$  gacha oksidlanishi) termodinamik qulay sharoit bo'lishiga qaramay tezlashmaydi. Aksincha sekin o'tadi.



Bu holat iqtisodiy jihatdan katta foydalidir. Ayniqsa, juda yuqori darajada tanlab ta'sir etish xossasiga va o'ta katta aktivlikka ega bo'lgan katalizatorlarga tabiiy yuqori molekular katalizatorlar — fermentlarni misol qilib ko'rsatish mumkin. Ular faqat bitta moddanigina o'zgartiradi (boshqa moddalarga aylantiradi) va reaksiya bir necha million hatto milliard marta tezlashadi.

Ba'zi bir kimyoviy jarayonlarda reaksiya mahsulotlari (oraliq yoki oxirgi mahsulotlar) katalizator bo'lib xizmat qiladi. Bunday reaksiyalar avtokatalitik reaksiyalar deyiladi. Oddiy katalizda vaqt o'tishi bilan reaksiya tezligi massalar ta'siri qonunini ifodalovchi, so'nib boruvchi egri chiziq bo'yicha boradi (21-rasm).

Avtokatalizda esa reaksiya avval sekin boradi, vaqt o'tgan sayin reaksiya mahsuloti katalizatorning ko'payishi bilan reaksiya tezligi ham ortadi,



21-rasm. Oddiy (1-egri chiziq) va avtokatalitik (2-egri chiziq) reaksiyalar tezligining vaqtga bog'liq holda o'zgarishi.

keyinchalik muvozanatga yaqinlashgach tezlik yana sekinlashadi. Avtokatalitik jarayonlarga zanjirli mexanizmda boruvchi reaksiyalar kiradi. Unda katalizator sifatida reaksiya jarayonida hosil bo'ladigan radikallar xizmat qiladi. Zanjirli reaksiyani qo'zg'ash (boshlab yuborish) uchun reaksiyon aralashmaga initsiator qo'shiladi. Initsiator dastlabki modda bilan ta'sir etib, boshlang'ich erkin radikal hosil qiladi, ya'ni yangi zanjir tug'iladi. Initsiator ham katalizator kabi aktivlanish energiyasini kamaytirish orqali jarayonni tezlashtiradi, ammo reaksiya jarayonida

sarflanib ketadi. Uning katalizatoridan asosiy farqi ham shunda. Avtokatalitik reaksiyalarga ayrim portlovchi moddalarning parchalanish reaksiyalari, yonish va polimerlanish reaksiyalari kiradi.

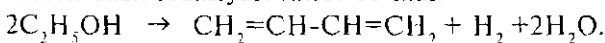
Barcha katalitik reaksiyalar, reagentlarning katalizator bilan o'zaro ta'sir etish turiga qarab ikki asosiy sinfga: oksidlanish-qaytarilish (gomologik), o'zaro ta'sir va kislota-asosli (geterolitik) o'zaro ta'sir reaksiyalariga bo'linadi.

**Gomolitik, yoki oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari.** Gomolitik yoki oksidlanish-qaytarilish katalizining umumiy elektron mexanizmi reagent bilan katalizator orasida elektron almashishdan iboratdir. Bu esa o'z navbatida reaksiyaga kirishuvchi molekular orasida elektron o'tishi katalizatorning o'z elektroni hisobiga osonlashtiradi. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari metall katalizatorlarda (Fe, Ni, Pt, Ag va boshqalar) yoki oraliq metallarning oksidlarida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$  va boshqalar) amalga oshiriladi. Katalizator reaksiyalarda elektron donori yoki elektron akseptori bo'lib xizmat qiladi va o'zining dastlabki elektron strukturasi tiklaydi. Gomolitik reaksiyalarga: oksidlanish, qaytarilish, gidrogenlash, degidrogenlash reaksiyalari kiradi.

**Geterolitik yoki kislota asosli reaksiyalar** geterolitik yoki kislota asosli katalizatorlar ishtirokida boradi. Katalizator vazifasini  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NaOH}$  va boshqa kislotalar, asos va tuzlar o'ynaydi. Katalizator ta'siri bir reagentdan boshqa reagentga o'tishini osonlashtirishdan iboratdir (masalan, ion katalizator  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  va boshqalar hisobiga o'rin olish reaksiyalari).

Geterolitik katalizni ko'pincha ion kataliz deyiladi. Kislota asosli reaksiyalarga: gidratatsiya, degidratatsiya, gidroliz, polikondensatsiya, polimerizatsiya, alkilash va boshqalar kiradi. Umumiy ta'sirga ko'ra krekingni ham, unda ko'p reaksiyalar kislota asosli va oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari borsada, geterolitik reaksiyalarga kiritish mumkin.

Bifunksional katalizda aralash katalizatorlarda bir vaqtda ham elektron, ham ion berish tezlashadi. Bunda, katalizator sifatida metallar yoki oraliq metallarning oksidlari va kislotalar yoki amfoter oksidlari ishlatiladi. Katalizatorning bifunksional ta'siriga degidrogenlovchi (masalan,  $\text{ZnO}$ ) va degidratlovchi (masalan,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) katalizatorlar aralashmasi ishtirokida boruvchi butadien olish reaksiyasi misol bo'ladi.

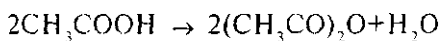


Katalizatorlar gaz, suyuq yoki qattiq agregat holatlarda bo'lishi mumkin. Katalitik jarayonlar reagentlari va katalizatorning fazaviy holatiga qarab ikki guruhga: gomogen va geterogenga bo'linadi. Mikro geterogen, jumladan fermentativ katalitik jarayoni alohida guruh hisoblanadi.

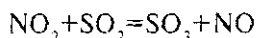
Gomogen katalizda katalizator va reaksiyaga kirishuvchi moddalar bir fazada, ya'ni gaz yoki suyuq fazada bo'ladi. Geterogen katalizda esa katalizator va reagent turli fazalarda bo'ladi.

**Mikroheterogen kataliz** suyuq fazada katalizator sifatida kolloid zarrachalar ishtirokida boradi. Fermentativ kataliz o'simlik va hayvon organizmida boradi. Unda oqsilning kolloid eritma shaklidagi zarrachalari – fermentlar katalizator bo'lib xizmat qiladi. Ular tirik organizmida murakkab organik jarayonlarni tezlashtiradi.

**Gaz reaksiyalarda gomogen kataliz.** Katalizatorni reaksiya mahsulotidan kondensatsiya, tanlab absorbsiyalash yoki adsorbsiyalash usullari yordamida ajratib olishning qiyinligi sababli kamdan-kam qo'llaniladi. Gaz fazali katalizning qo'llanilishiga sirka kislotasining degidratatsiyalanishi va vodorod florid katalizatori ishtirokida parafin va benzolni alkillash, metanni havo bilan azot oksidi katalizatori ishtirokida formaldegidgacha oksidlash, suv bug'i katalizatorligida CO ni CO<sub>2</sub> gacha oksidlash reaksiyalari misol bo'ladi. Degidratatsiya gaz holdagi trietilfosfat ishtirokida bug' holatida boradi.

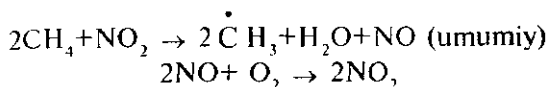


Sirka anhidridi kondensatlanadi, gazsimon katalizator esa yana siklga qaytiriladi. Alkillangan uglevodorod ham kondensatlanadi, vodorod florid esa yana katalizator sifatida qaytib jarayonga kiritiladi. Gaz fazali kataliz (gomogen kataliz) molekular va zanjir mexanizmi bo'yicha amalga oshadi. Katalitik reaksiyalar molekular mexanizmida borganda reaksiyaga kirishuvchi moddalar bilan katalizator orasida atomlar almashinuvi sodir bo'ladi. Katalitik gaz reaksiyalarning molekular mexanizmiga kislorod yoki xlor atomining o'tishi misol bo'ladi. Bunda SO<sub>2</sub> azot oksidi bilan oksidlanadi:

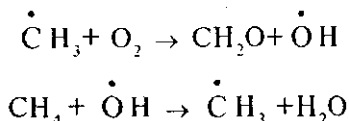


Gomogen kataliz radikal mexanizmida gaz va suyuq fazalarda borishi mumkin. Reaksiyani tezlashuviga reaksiya jarayonida energiyaga boy bo'lgan radikal hosil bo'lishi hisobiga crishiladi, shunday mexanizmida ba'zi bir gaz fazada oksidlanish va suyuq fazada polimerlanish va boshqa reaksiyalar boradi. Radikal turdagi gaz fazali katalitik reaksiyalarga alkanlarni va metanni formaldegidgacha NO ishtirokida oksidlanishini misol qilish mumkin. Bu reaksiya mexanizmini qisqartirgan holda quydagi zanjir reaksiya shaklida tasavvur qilish mumkin.

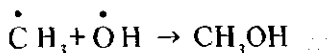
1. Faol markaz hosil bo'lishi:



2. Zanjirning o'sishi (rivojlanishi):

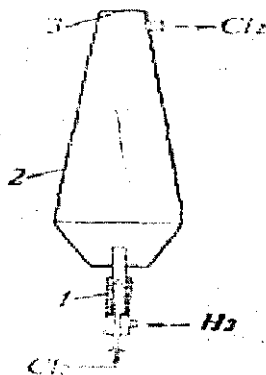


3. Zanjirning uzilishi:



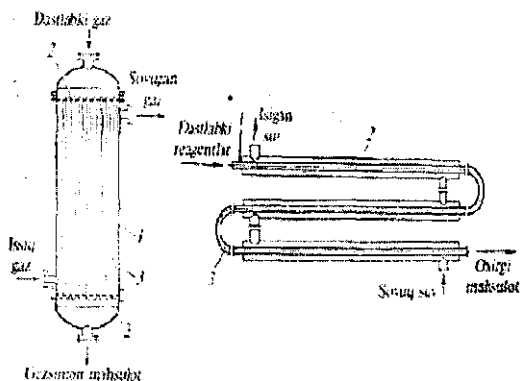
Bundan tashqari bevosita  $\text{CH}_3\text{OH}$  ni hosil bo'lishiga va uni  $\text{CH}_2\text{O}$  gacha oksidlanishiga olib boruvchi hamda chuqur oksidlanib  $\text{HCOOH}$ ,  $\text{CO}$  va  $\text{CO}_2$  va boshqalarni hosil qiluvchi reaksiyalar ham boradi.

Gaz fazali sintezni amalga oshirish uchun oddiy qurilma kamerali uskunani, masalan, 22-rasmda ko'rsatilgan turdagi uskunani qo'llash mumkin. Endotermik jarayonlar quvursimon uskunalarda olib boriladi (23-rasm).



22- rasm. Vodorod-xlorid sintezlash pechi:

- 1 — gorelka; 2 — pech korpusi;
- 3 — asbestli qopqoq.



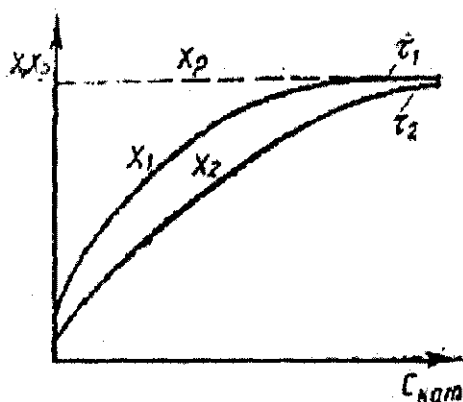
23-rasm. Quvur g'ilofli issiqlik almashtirgich apparati panjara:

- 1 — ikki tubli g'ilof; 2 — quvur;
- 3 — quvurlar.

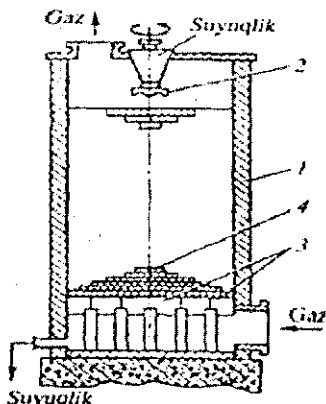
Suyuq fazada gomogen kataliz, gaz fazaga nisbatan intensiv ketadi, ammo unda tayyor mahsulot (desorbtsiya, cho'ktirish, tanlab eritish va boshqa usullar yordamida) aralashmasidan katalizatorni ajratib olish ancha qiyin. Shunga qaramay sanoatda bu xil kataliz keng qo'llaniladi. Masalan, etil spirti ishlab chiqarishda  $H_2SO_4$  katalizator ishtirokida etilenni gidratatsiyalash; fenolni formaldegid bilan HCl yoki NaOH katalizatorlar ishtirokida polikondensatsiyalash reaksiyalari.

Gomogen katalizda keltirilgan model reaksiyalarda (62-bet, a va b reaksiyalarga qarang)  $A[Kat]$ ,  $AB^*[Kat]$  turdagi oraliq birikmalarni mustaqil kimyoviy reaksiya ko'rinishida, analitik usullar bilan aniqlash mumkin.

Gomogen katalitik reaksiyaning tezligiga ko'pgina omillar: katalizatorning faolligi, harorat, reagent va katalizator konsentratsiyasi, aralastirishning intensivligi va shu kabilar ta'sir etadi. Bu omillar umumiy qonuniyatlarga bo'ysunadi. Har qanday katalitik reaksiya qo'llaniladigan katalizatorning konsentratsiyasi va faolligiga bog'liq bo'ladi (24-rasm). Katalizatorning konsentratsiyasining  $\bar{N}_{min}$  qiymati kichik bo'lganda ayni vaqt ichida mahsulot unumi ( $\bar{O}$ ) taxminan katalizator konsentratsiyasiga proporsional bo'ladi. Ammo, keyinchalik  $\bar{N}_{min}$  ortganda bu bog'lanishni ifodalovchi egri chiziq pasayib boradi. Gomogen kataliz uskunalari sodda, ularda jarayonni texnik



24-rasm. X moddaning  $\tau_1$  va  $\tau_2$  vaqtda  $\tau_2 > \tau_1$  bo'lganda ( $\tau$  va  $p = \text{const}$ ) mahsulotga aylanish darajasiga katalizator konsentratsiyasining ta'siri.



25-rasm. Nasadkali minora  
1 — korpus;  
2 — suyuqlik sachratkich;  
3 — boshhoqsimon panjara;  
4 — nasadka (halqalar).

jihtadan amalga oshirish oson, chunki reaksiya gomogen muhitda boradi. Suyuq fazali katalizda ko'pincha ichi nasadka bilan to'lg'azilgan minoralar (25-rasm), barbotaj kolonolari (37-rasm) hamda turli turdagi aralashtingichlar (12, 13, 14, 38, 39, 50 a-rasmlar) qo'llaniladi.

Geterogen kataliz sanoatda gomogen katalizga nisbatan keng qo'llaniladi. Ko'pchilik ma'lum bo'lgan sanoat geterogen katalitik jarayonlari, gazsimon reagentlar orasida qattiq katalizator ishtirokida boradigan reaksiyalarga asoslangan. Ammo fazaviy holatiga qarab har xil geterogen kataliz turlari ma'lum.

Geterogen kataliz jarayonini tushuntiruvchi bir necha nazariyalar mavjud. Ularning har biri bir-birini to'ldirib, taraqqiy ettirib, qattiq katalizatorlarning tezlashtiruvchi ta'sirini tushuntirib beradi. Ko'pchilik nazariy tushunchalarga binoan kataliz uchun aktiv markazlar, ya'ni katalizatorning o'ta aktivligi xossasiga ega bo'lgan sirtning turli xil bo'lgan qismlari muhim rol o'ynaydi. Kataliz uchun barcha nazariyalarga umumiy bo'lgan narsa bu qattiq katalizator yuzasida adsorbsion ko'rinishdagi oraliq birikmaning hosil bo'lishidir. Bu birikmaning xarakteri har xil, aktiv kompleks yoki aktiv ansambl (uyg'un birlik), ma'lum turdagi geometrik tuzilma (hosila) — «multiplet» yoki katalizatorning erkin elektroni ishtirok etgan kimyoviy birikma bo'lishi mumkin. Shunday oraliq birikmalarning xossalari, reaksiya yo'nalishining yangi kimyoviy mahsulotga aylanish tezligini, katalizatorning aktivlik darajasini va boshqalarni aniqlaydi.

Kataliz haqidagi nazariyalarga asoslanib, kataliz amalga oshishi uchun reaksiyaga kirishayotgan moddalarning tuzilishlari bilan katalizatorning tuzilishi orasida ma'lum geometrik uyg'unlik bo'lishi kerak degan xulosa chiqariladi. A.A. Balandin taklif etgan multiplet nazariyaga muvofiq reaksiyaga kirishayotgan moddaning molekulasi katalizator sifatida aktiv markazning bittasi bilangina emas, balki ikkita (dublet), uchta (triplet) va umuman bir necha (multiplet) aktiv markaz bilan tortiladi, ana shu moddaning tuzilishi bilan katalizator sirtining tuzilishi orasida geometrik uyg'unlik bo'lgan taqdirdagina katalitik effekt kuzatiladi. Masalan, tarkibida benzol yadrolari bo'lgan aromatik uglevodorodlarning degidrogenlanish reaksiyasida katalizatorlik vazifasini faqat geksoanal kristall panjaraga ega bo'lgan metallargina bajaradi.

N. I. Kobozevning 1939-yilda taklif etgan «Katalitik aktiv» nazariyasiga ko'ra, reaksiyada katalitik effekt yuzaga chiqishi uchun bir necha molekulari o'zaro yoki tashuvchining bir necha molekulari bilan albatta amorf mahsulotlari, ya'ni ansambllar hosil qilishi lozim.

Qattiq g'ovak katalizatorlarda barcha katalitik jarayonni besh mustaqil bosqich ko'rinishida tasavvur qilish mumkin. Ularning kechishi shartli ravishda quyidagicha ketma-ketlikda qabul qilinadi:

— reaksiyaga kirishuvchi moddalarning oqimdan katalizator donachalarining tashqi yuzasiga va ichki g'ovaklariga diffuziyalanishi;

— katalizator yuzasiga diffuziyalangan reagentlarining oraliq, katalizator yuzasi birikmasini hosil qilish bilan aktiv adsorbsiyalanishi (xemosorbsiyalanishi);

— oraliq birikma, mahsulot — katalizator hosil qilish bilan atomlarning qayta guruhlaniishi;

— katalizator yuzasidan mahsulotning desorbsiyalanishi;

— mahsulotning katalizator yuzasidan avval ichki g'ovaklaridan, so'ngra tashqi yuzasidan umumiy oqimga diffuziyalanishi.

Katalitik jarayonning umumiy tezligi eng sekin bosqich bilan belgilanadi. Agar diffuzion davrlaridan biri sekin boruvchi bosqich bo'lib xizmat qilsa, u vaqtda kataliz diffuzion sohada kechadi. Odatda jarayon ichki va tashqi diffuzion sohalariga ajratiladi. Agar eng sekin boruvchi bosqich ikkinchi, uchinchi yoki to'rtinchi bosqich bo'lsa, u vaqtda jarayon kinetik sohada boradi. Kinetik sohada boruvchi katalitik jarayonning tezligi, asosiy texnologik parametrlarni (konsentratsiya, harorat, bosim va katalizatorlarning faolligi) hisobga olgan holda umumiy tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$U = \frac{dG_n}{d\tau} = K_n e^{\frac{-E}{RT}} \cdot v \Delta C \cdot P_1^m$$

Bunda,  $\frac{dG_n}{d\tau}$  — vaqt birligida tayyor mahsulot miqdorining ortishi,  $K_n$

— Arrenius tenglamasidagi predekspotensial ko'paytuvchi;  $e$  — natural logarifmning asosi;  $E$  — ayni katalizatorlarda reaksiyaning aktivlanish energiyasi;  $R$  — gazning universal molyar doimiysi;  $T$  — harorat;  $v$  — katalizatorning to'kib qo'yilganda egallagan hajmi;  $\Delta C$  — atmosfera bosimida jarayonning harakatlantiruvchi kuchi;  $P_1$  — o'lchamsiz bosim; ya'ni haqiqiy bosimning atmosfera bosimiga bo'lgan nisbati;  $m$  — reaksiya tartibi. Kinetik sohada jarayonlar faolligi past, donachalari kichik, katta g'ovakli katalizatorlarda nisbatan past haroratda, reagentlar oqimi girdobli sharoitda kechadi. Bunda kataliz tezligiga haroratni oshirish orqali erishiladi. Agar katalitik jarayon tashqi diffuzion sohada borsa, u paytda uning tezligi reagentlar va reaksiya mahsulotlarning gazga diffuziyalanish ko'effitsienti bilan aniqlanadi. Diffuziya sharoiti doimiy bo'lganda Fik qonuniga ko'ra

$$U = \frac{dC}{d\tau} = -D_n C \frac{dC}{dz}$$

Bunda  $G$  komponentning  $\tau$  — vaqtda katalizator donachalari yuzasiga perpendikular  $Z$  yo'nalishda ko'chirilgan miqdori,  $C$  — reagentlar oqimiga

diffuziyalangan komponentlar konsentratsiyasi;  $S$  — katalizator donachalarining bo'sh yuzasi;  $D_c$  — diffuziyaning samarali koeffitsienti, u molekular va girdobli diffuziyalarning ikkalasi orqali aniqlanadi. Tashqi diffuzion sohada jarayonlar kimyoviy reaksiyaning katta tezligini ta'minlovchi, aktivligi yuqori bo'lgan katalizatorlar yuzasida boradi. Masalan, platina katalizatori yuzasida ammiakning oksidlanishi.

Ichki diffuzion sohada komponentlarning katalizator g'ovaklariga  $J$  chuqurlikkacha diffuziyalanishi uchun zarur bo'lgan vaqtni quyidagicha topish mumkin:

$$r = J^2 / 2D_c$$

$D_c$  ning kattaligi, g'ovaklarning kattaligini, molekulaning erkin harakati tufayli bosib o'tgan masofasi  $l$  ga bo'lgan nisbatlarga bog'liq holda aniqlanadi.  $l < 2r$  bo'lganda,  $D_c$  — molekular diffuziyaning koeffitsientidek aniqlanadi.  $l > 2r$  bo'lganda esa  $D_c = D_k$  Knudsen formulasi bo'yicha aniqlanadi:

$$D_k = \frac{2}{3} r \cdot \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$$

bunda:  $r$  — g'ovaklarning radiusi;  $M$  — diffuziyalanadigan moddaning molekular massasi. Agar tezlikni ichki diffuziya belgilasa, u vaqtda jarayonni tezlashtirish uchun katalizator tayyorlanganda uni o'lchamini kichikroq qilishga va g'ovakligini ko'paytirishga intilinadi. Ammo o'lchami kichraytirilgan katalizator harakatsiz qatlamining gidravlik qarshiligi keskin ortadi. Jumladan shunga mos holda gazni katalizator bilan aralashtirish uchun energiya sarfiyoti ham ortadi. Shuning uchun ham harakat qilmay turuvchi katalizatorli reaktorlarda 4—8 mm kattalikdagi yirik donali katalizator qo'llaniladi. Natijada kataliz jarayoni ichki diffuzion sohada boradi. Kataliz mexanizmini tushuntirib berish uchun ancha ishlar qilinganligiga qaramay, katalitik aktning tabiati hali to'liq aniqlangan emas. Shuning uchun ham katalizator tanlash tajriba yo'li bilan amalga oshiriladi. Lekin, shunga qaramay, moddaning katalitik xossasi uning ion tuzilishiga, kataliz jarayoni esa elektron yoki ion berish yoki olishga bog'liq bo'ladi deyish mumkin.

### 2.3. Qattiq katalizatorlarning xossalari va ularni tayyorlash

Qattiq katalizatorlar gaz fazali katalizda dominantlik qiladi va suyuq fazali katalizda suyuq katalizatorga nisbatan ko'proq qo'llaniladi. Qattiq katalizatorlar sifatida davriy sistemaning ko'pgina elementlari va ularning birikmalari ishlatiladi. Sanoat katalizatorlari ularga qo'yilgan ma'lum texnologik talablarni qondirishi kerak. Masalan: ayni reaksiya uchun faollik ko'rsata oladigan bo'lishi kerak, mumkin qadar kontakt zaharlariga chidamli bo'lishi, nisbatan arzon bo'lishi, yuqori darajada mexanik mustahkamlikka



ega bo'lishi kerak va hokazolar. Shuning uchun ham amalda qo'llaniladigan katalizatorlar odatda toza individual moddalar emas, balki kontakt massasi deb ataluvchi murakkab aralashmalardir. Kontakt massasi asosan uch tarkibiy qismdan: katalizatorning o'zi, faollovchi va tashuvchilardan iborat bo'ladi.

**Faollovchilar yoki promotorlar.** Katalizator ta'sirini kuchaytiradigan moddalar promotorlar deyiladi. Promotorlar katalitik xossaga ega bo'lmasligi ham mumkin. Promotorlarning ta'sir mexanizmi turlicha bo'ladi. Ularning katalizatorni faollashtirish xususiyatiga ega bo'lishligining sabablari ko'p. Ulardan biri, juda katta katalitik faollikka ega bo'lgan, promotor va katalizatoridan hosil bo'luvchi kimyoviy birikmadir. Bunday kimyoviy birikmaning hosil bo'lishida ba'zan reaksiyaga kirishuvchi moddalar yoki reaksiya mahsulotlari ham ishtirok etadi. Boshqa bir holda esa promotor katalizator sirtini kengaytiradi. Ba'zan esa promotor katalizator zaharlanishini kamaytiradi. Promotorlarning faollash xossasiga misol: agar nikelga 1% seriy qo'shilsa, uning faolligi taxminan 20 marta ortadi. Ammiak sintezida katalizator sifatida ishlatiladigan temirga ishqoriy metall va aluminiy oksidlari qo'shilsa, temirning katalizatorlik ta'siri ancha ortadi. Tashuvchilar yoki tregerlar debm u yoki bu usul bilan katalizator quyiladigan yoki shimdiriladigan mustahkam, o'tga chidamli, sirti keng bo'lgan g'ovak moddalarga aytiladi. I.E. Adadurov tekshirishlari shuni ko'rsatdiki, tashuvchi katalizator molckulalarini deformatsiyalaydi va natijada, uning faolligi ortadi. Tashuvchidan foydalanish ikki tomonlama, ham texnologik, ham iqtisodiy jihatdan foydali va qulaydir. Birinchidan, ichki faol yuzalar (g'ovaklari) ko'paygan kontakt massasi hosil bo'ladi, uning mexanik mustahkamligi va o'tga chidamliligi ortadi. Ikkinchidan, qimmatbaho katalizatorlar (platina, nikel va vanadiy oksidi, palladiy, kumush va boshqalar) tejab qolinadi. Ba'zi hollarda tashuvchilarning o'zlari ham faollovchi bo'lishi mumkin. Katalizatorni tashuvchilariga (tregerlarga) slikagel, alumosilikat, pemza, asbest, kizelgur, ko'mir, kaolin, ba'zi tuzlar va boshqalar kiradi.

Katalizatorning faolligi nafaqat uning kimyoviy tarkibiga, balki donachalarining kattaligi, g'ovaklilik darajasi, g'ovaklarining o'lchami va uning yuzasini xossalari kabi fizikaviy xususiyatlariga ham bog'liq bo'ladi. Shuning uchun ham katalizatorning faolligi uni tayyorlash usuliga uzviy bog'liq bo'ladi.

Faol katalizatorlarni tayyorlashning asosiy usullari: 1) metallarni gidroksidlar yoki karbonatlar shaklida tashuvchi ustiga birgalikda cho'ktirish; 2) ilgari tayyorlab qo'yilgan g'ovakli tashuvchiga katalitik faol modda saqlovchi eritmani shimdirish; 3) bir necha moddalarni (metallar yoki

ularning oksidlarini) aralastirib suyuqlanmasini olish, so'ngra metallni vodorod yoki boshqa gaz bilan qaytarish (masalan, ammiak sintezida temir katalizator) orqali olinadi.

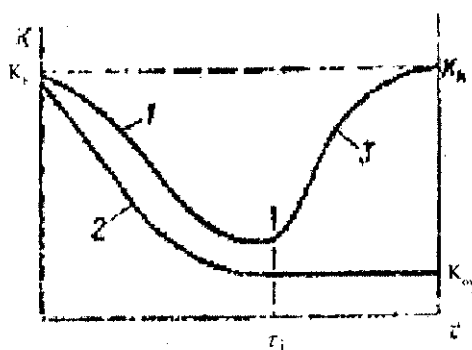
Katalitik jarayon kontakt massasi ustida borar ekan, uning tezligi va chuqurligini ko'pincha katalizator sirti aniqlaydi. Kontakt massaning asosiy tavsiflaridan biri, uning solishtirma sirti  $S$ , ya'ni massa birligidan yoki katalizator hajmi birligidagi ( $m^2/g$ ) sirti hisoblanadi. Ko'pchilik sanoat katalizatorlari uchun  $S_{\text{solish}}$ , bir necha o'ndan to bir necha yuzlab  $m^2/g$  ga teng bo'ladi. Kontakt massasi maxsus shakl berish uskunalarida turli ko'rinishlarda: tabletkalar, tugmachalar, sferik va elipsoid donachalar, halqachalar, silindirchalar shaklida ishlab chiqariladi. Ba'zi hollarda katalizator turli metallarning qotishmalaridan (ammiakni oksidlash uchun, platina rodiy palladiyli qotishma) ingichka simlardan yupqa to'rlar shaklida tayyorlanadi.

Katalizatorning muhim xossasi bu katalizga kiritilgan reagentlar tarkibida begona aralashmalar ta'siriga chidamliligidir, ya'ni zaharlanmasligidir. Katalizatorning zaharlanishi deb uning reaksiya aralashma tarkibidagi qo'shimchalar — kontakt yoki katalizator zaharlari ta'sirida faolligini qisman yoki to'liq yo'qotishiga aytiladi.

Kontakt zaharlari reaksiya turiga va katalizator tabiatiga qarab turli xil moddalar bo'lishi mumkin. Eng tarqalgan katalizator zaharlariga oltingugurt birikmalari ( $H_2S$ ,  $CS_2$ , tiofen, merkaptanlar va boshqalar), buning sababi ular tarkibidagi oltingugurt atomlari bo'linmagan elektron jufti tutganligidadir, sianid kislotasi ( $HCN$ ), uglerod oksidlari ( $CO$ ,  $CO_2$ ), simob tuzlari, fosfor, mishyak, qo'rg'oshin va boshqalarning birikmalari kiradi. Masalan, platina sirtida  $SO_2$  ning  $SO_3$  ga aylanish reaksiyasi nihoyatda oz miqdorda mishyak aralashuvi bilan to'xtab qoladi yoki temir sirtida  $SO$  ning  $SO_2$  ga aylanish reaksiyasi ozgina  $H_2S$  aralashuvi bilan to'xtaydi.

Zaharlarning katalizatorga ta'siri shundan iboratki, ular katalizatorning faol markazlariga adsorblanadi yoki u bilan kimyoviy birikadi. Sorbsiya qaytar yoki qaytmas bo'ladi, shuning uchun katalizator ham qaytar yoki qaytmas holda zaharlanishi mumkin. Qaytar holda zaharlanganda, katalizator faqatgina uning zonasida zaharning ishtirok etgan davridagina o'z faolligini yo'qotadi. Qaytmas holda zaharlanganda esa katalizator o'z faolligini batamom yo'qotadi, chunki kontakt massasi zahar bilan mustahkam kimyoviy birikma hosil qiladi. Bunday hollarda katalizatorni regeneratsiyalash yoki almashtirish kerak bo'ladi. 26-rasmda katalizatorning qaytar (1) va qaytmas (2) holda zaharlanishining tavsifi berilgan.

Katalizator qaytar holda zaharlanganda unga kontakt zaharlaridan toza bo'lgan yangi gazlar aralashmasi yuborilganda ( $\tau$  vaqt oralig'ida) uning



26-rasm. Katalizatorning qaytar (1) va qaytmas (2) zaharlanganida katalitik reaksiyaning boshlanishidan  $K_b$  to oxirigacha  $K_{ox}$  tezlik konstantasining o'zgarishi. (3)-chi egri chiziq reaksiya aralashmadan zahar yo'qotilgach, aktivlikning qayta tiklanishi.

sababli hamda katalizator sirtiga reaksiyaning qattiq mahsulotlarini yoki changlarni cho'kib qolishi tufayli kamaytirishi yoki yo'qotishi ham mumkin. Shuning uchun ham katalizatorning xizmat muddatini uzaytirish uchun reaksiya aralashma katalizator zaharlaridan, qattiq mexanik aralashmalardan yaxshilab tozalanadi.

## 2.4. Katalitik jarayonlarning texnologik sharoiti

Har qanday texnologik jarayonlarda ham texnologlarni asosan ikkita ko'rsatkich: jarayonning borish tezligi (qurilmaning mahsulodrligini xarakterlovchi) va tayyor mahsulotning unumi (xomashyoning to'liq foydalanganlik darajasini aniqlovchi, ya'ni jarayonning qay darajada takomillashganini ko'rsatuvchi) qiziqtiradi.

Jarayonning tezligini oshirish uchun qo'llaniladigan texnologik usullar kinetik va diffuzion hududlar uchun har xil bo'lib, kimyoviy bosqichning tezligi, birinchi navbatda katalizatorning faolligi va haroratga bog'liq bo'ladi. Diffuzion jarayonlar haroratni ortishi bilan kimyoviy jarayonlarga nisbatan kam darajada tezlashadi. Tashqi diffuziya reaksiyaga kirishi uchun aralashma oqimining girdoblanishi bilan intensivlashadi. Katalizator donachalarining ichki qismiga diffuziyalanish esa, donachalarni maydalash va ularning g'ovakliligini oshirish hisobiga kuchayadi. Reaksiyaga

faolligi to'liq tiklanadi (uchinchi egri chiziq). Katalizatorning zaharlanish darajasi  $\alpha$  ni ortishi reaksiya tezlik konstantasining  $K$  kamayishi bilan boradi.  $\alpha$  quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\alpha = \frac{dK}{KdGi}$$

Bunda:  $G_i$  — katalizatorning massa birligiga gaz bilan keluvchi zahar miqdori.

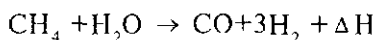
Katalizator o'z faolligini, donachalarining yumshab bir-biriga yopishib qolishi yoki qisman suyuqlanganligi uchun uning faol sirti kamayishi

kirishuvchi moddalarning konsentratsiyasi yoki bosimini oshirish katalizning ham kinetik, ham diffuzion bosqichini tezlashtiradi.

Reaksiyon aralashmaning katalizator zonasida bo'lgan vaqti, ya'ni kontakt vaqti ham katalitik jarayonga ta'sir etadi. Qaytmas katalitik jarayonlar uchun kontakt vaqtini uzaytirish, jarayonning umumiy tezligini (qurilmaning mahsuldorligini) kamaytiradi, ammo bunda mahsulot unumi ortadi.

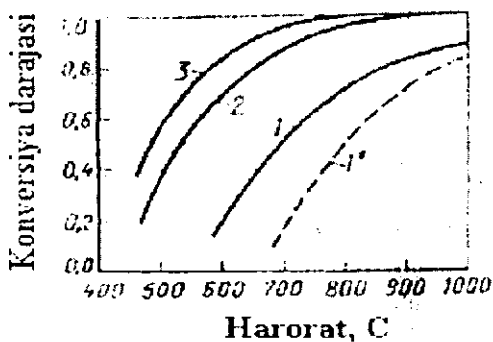
**Harorat sharoiti** ma'lum darajada faollikka ega bo'lgan katalizator bo'lganda katalitik jarayonga eng ko'p ta'sir ko'rsatadi.

Endotermik katalitik reaksiyalarda haroratning ortishi bilan mahsulot unumi Le-Shatll'e prinsipi asosida ortadi. Endotermik jarayonlarda haqiqiy ( $X$ ) va muvozanat ( $X_m$ ) unumlar bir xil qonun bo'yicha o'zgaradi. Ammo, boshqa har qanday teng sharoitida  $X$  past haroratda muvozanat unumiga yaqinlashadi. Bu holat nikel katalizatori ishtirokida metanni suv bilan o'zaro ta'sir ettirilganda boradigan endotermik katalitik reaksiyaning umumiy tenglamasidan ko'rinadi.



Dastlabki har xil gazlar aralashmasida metan konversiyasi darajasini haroratga bog'liqligi 27-rasmda berilgan.

Yuqori unum bilan mahsulot hosil bo'lishiga va endotermik katalitik jarayonning katta tezlikda borishiga erishmoq uchun haroratni oshirish



27-rasm. Turli tarkibli dastlabki gazlarda metan konversiyasi darajasining haroratga bog'liqligi (endotermik jarayon)  $\text{CH}_4:\text{H}_2\text{O}=1:1$  bo'lganda;

1-  $X$  o'q- $\text{CH}_4:\text{H}_2\text{O}=2:1$  bo'lganda;

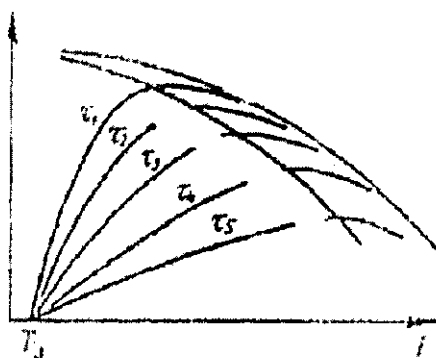
2-  $\text{CH}_4:\text{H}_2\text{O}=1:3$ ;  $\text{CH}_4:\text{H}_2\text{O}=\text{nisbat } 1:1$  bo'lganda haqiqiy unum.

zarur. Ammo, buni to harorat dastlabki gazsimon va suyuq reagentlar va reaksiya mahsulotlarini parchalashga yoki qattiq moddalarni suyulib bir-biriga yopishib qolishiga olib keladigan (ya'ni, harorat ko'tarilishini chegaralovchi faktorlarga) holatga olib boruvchi jarayonlar boshlanish darajasigacha qilish mumkin. Ko'rib o'tilgan qonuniyatlar juda ko'pchilik endotermik katalitik reaksiyalarga: uglevo-

dorodlarni suv bug'i bilan konversiyasi, uglevodorodlarni degidrogenlash, degidratatsiya va boshqalarga mansubdir.

Qaytar ekzotermik katalitik reaksiyalar uchun, odatdagi reaksiyalardagidek haroratning ortishi bilan mahsulotning muvozanat unumi to'xtovsiz kamayadi. Absolut optimal unum va unga mos holdagi optimal harorat, jarayonni olib borish sharoitiga va birinchi navbatda katalizatorning faolligiga, reaksiyaga kirishayotgan moddalar konsentratsiyasiga va kontaktlash vaqtiga bog'liq bo'ladi. 28-rasmda kontakt vaqtlari turlicha bo'lganda, mahsulotning pastki unumi Xni harorat bilan bog'lovchi egri chiziq holatining o'zgarishi ko'rsatilgan.

Agar har bir kontaktlash vaqti uchun maksimal unum nuqtalarini tutashirsak, unda optimal harorat egri chizig'i hosil bo'ladi, mahsulot



28-rasm. Ekzotermik jarayonlar uchun  $x$  mahsulot unumining har xil vaqtlarda reagentlarning katalizator bilan kontaktlanganda haroratga bog'liqligi.

unumining maksimal miqdorda chiqishi uchun vaqt  $\tau$  ni ko'paytirish bilan jarayon haroratini pasaytirish kerak. Ushbu egri chiziqalar ammiak sintezi,  $\text{CO}_2$ ni katalitik oksidlash,  $\text{CO}$  konversiyasi, uglevodorodlar sintezi va boshqa reaksiyalar uchun molikdir. Ammo, harorat ta'siri hamma vaqt ham aniq ifodalangan emas. Masalan, ammiakni katalitik oksidlash reaksiyasi, metanol va etanol sintezida haroratni qandaydir chegaradan oshirilsa zararli qo'shimcha reaksiyalar boshlanib ketadi. Bunday hollarda har bir

reaksiya uchun harorat ta'sirini alohida analiz qilish kerak. Bu hodisa bir necha reaksiyalardan tashkil topgan jarayonlarga (ayniqsa ular turli xil issiqlik effektiga ega bo'lsa) ham taalluqlidir.

Bosim, katalitik reaksiyalarda mahsulot unumiga Le-Shat'l'e prinsipiga muvofiq ta'sir etadi. Shuning uchun ham, ko'pchilik sanoat katalitik reaksiyalarida yuqori bosim keng qo'llaniladi. Katalizator faolligi va mahsulotning muvozanat unumi katta bo'lganda bosim hal qiluvchi omil bo'ladi. Bu holat ammiak va metanol sintezi jarayonlarida kuzatiladi.

Gaz hajmining ancha oshishi bilan boruvchi ba'zi katalitik reaksiyalarga bosimni kamaytirish muvozanat unumini oshiruvchi omil bo'lishi mumkin.

Shuning uchun ham degidrogenlash, degidratlash kabi jarayonlarni vakuumda olib boriladi.

Reaksiyaga kirishuvchi komponentlarning konsentratsiyasi, katalitik reaksiyalar tezligiga xuddi odatdagi kimyoviy reaksiyalar tezligiga ta'sir etgandagidek ta'sir etadi. Ammo, bir qator sabablarga ko'ra reagentlar konsentratsiyasini haddan tashqari oshirish mumkin emas. Masalan, jarayonning ekzotermikligi yuqori bo'lsa va undan issiqlikni chiqarib olish qiyin bo'lsa ( $\text{SO}_2$  ni oksidlash reaksiyasida) katalizator issiqlik ta'sirida yaroqsiz holga kelishi (termik yaroqsizlanish) mumkin, yoki reaksiya aralashmada portlash xavfi (ammiakni oksidlashda) paydo bo'lishi mumkin.

## **2.5. Kimyoviy texnologik katalitik jarayonlarni takomillashtirishning istiqbolli usullari**

Geterogen kataliz reaktorlari turli xilda bo'ladi. Kataliz uchun ideal siqib chiqarish turidagi reaktorlar va to'liq aralashtirish reaktorlari qo'llanishi mumkin, ammo ular boshqalardan farq qiluvchi maxsus konstruksiyaga ega. Gaz fazali kataliz reaktorlari tabiiyki, suyuq fazalidan farq qiladi. Filtrlovchi katalizator qavati bo'lgan issiqlikni chiqarish yoki kiritish usulida ishlovchi kontakt uskunolari esa quyidagi sinflarga bo'linadi:

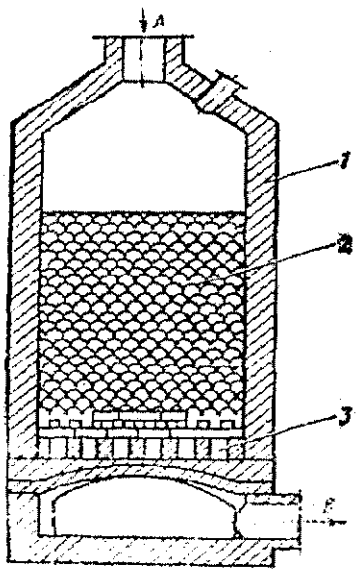
1. Davriy ravishda issiqlik chiqariluvchi yoki kiritiluvchi kontakt uskuna.
2. Tashqi issiq almashtirgichli kontakt uskunolari.
3. Ichki issiqlik almashtirgichli kontakt uskunolari: ular
  - a) tokchali,
  - b) quvursimon bo'ladi.
4. Issiq almashtirishning har xil usullari qo'llanilgan qurama kontakt uskunolari.

Qattiq katalizatorlar ishlatiladigan gaz fazali jarayonlar uchun qo'zg'almaydigan (filtrlovchi) katalizator qavatli kontakt uskunalarining uch turi: bir qavatli, oralarida issiq almashtirgichlari bo'lgan ko'p qavatli va to'xtovsiz issiqlik beriluvchi yoki issiqlik olinuvchi quvursimon turlari keng tarqalgan.

Bir qavatli uskunalar konstruksiyasi jihatidan ancha oddiy. Ular adiabatik issiqlik sharoitida ishlaydi. Unda harorat sharoiti faqat dastlabki gazlarning tarkibini va haroratini o'zgartirish bilan to'g'rilanadi. Bunday uskunalarni: a) amaliy jihatdan qaytmas ekzotermik reaksiyalar, masalan, formaldegidni oksidlash uchun, b) reagentlar konsentratsiyasi past bo'lgan reaktorlar, masalan, aralashmalarni oksidlash yoki gidrogenlash yo'li bilan gazlarni katalitik tozalash uchun, d) issiqlik effekti unchalik katta bo'lmagan ekzotermik yoki endotermik reaksiyalar uchun qo'llash mumkin. Reaktorga

solinadigan katalizator miqdori, agar uning aktivligi pastroq bo'lsa ancha ko'p bo'ladi va uning qalinligi (katalizator qavatining balandligi) ba'zan bir necha metrgacha boradi (29-rasm).

Bunday uskunalarda adiabatik sharoit amalga oshiriladi, demak ekzotermik jarayonlarda reaksiyaga kirishayotgan gazlar harorati ularning



29-rasm. Bir qavatli issiqlik almashtirilmaydigan kontakt apparati: 1 — qoplamalik apparatining po'lat devori; 2 — katalizator; 3 — boshhoqsimon chambara.

Ustiga katalizator to'kib qo'yilgan teshikchalari bo'lgan tokchalar oralig'ida issiq almashtirgichlar 2 o'rnatilgan issiq almashtirgichlarning quvurlari oralig'idan pastdan yuqoriga tomon toza gazlar o'tadi va reaksiya mahsulotlarni sovitib, o'zi esa reaksiyaning boshlanishiga yetarli bo'lgan haroratgacha qiziydi. Katalizator yuzasida reagentlarning mahsulotga aylanish jarayoni boradi va reaksiya issiqligida mahsulotlar qiziydi, ular issiq almashtirgichda soviydi. Reaksiya issiqligidan to'liq foydalanish uchun va gazni dastlabki haroratigacha sovitish uchun reaksiya mahsulotlari reaktordan tashqarida o'rnatilgan sovitgichlar orqali o'tkaziladi (30-rasmda ko'rsatilmagan).

katalizator qavatida aylanish (reagentlarning mahsulotga aylanish) darajasiga ox proporsional holda ortadi.

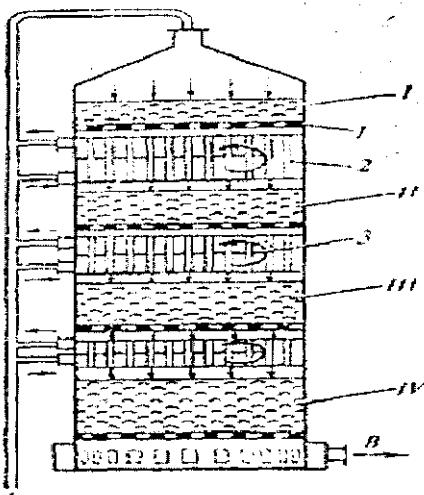
$$t_{ox} = t_b + \lambda x$$

bunda,  $t_{ox}$  — gazning katalizator qavatidan o'tganidan keyingi harorati, oxirgi harorat  $t_b$  — gazning boshlang'ich yoki dastlabki harorati;  $\lambda$  — reaksiyaning adiabatik koeffitsienti  $x$  — aylanish darajasi. Shuning uchun ham adiabatik koeffitsienti katta bo'lgan ekzotermik jarayonlar uchun bunday uskunalar yaramaydi, chunki aylanish yetarli darajada bormay, adiabatik koeffitsienti muvozanat chizig'iga yetib boradi.

### Ko'p qavatli yoki tokchali apparatlar

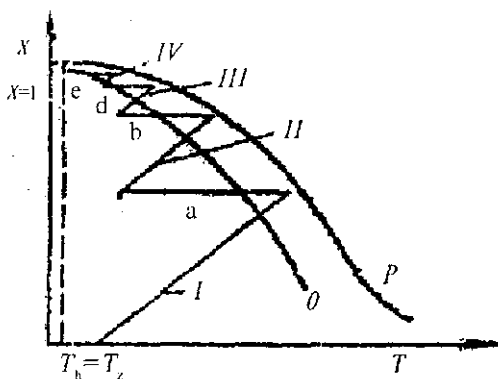
Adiabatik koeffitsienti anchagina katta bo'lganda ham yuqori darajada ekzotermik aylanish darajasiga erishish imkoni beriladi.

Ekzotermik reaksiyalarni olib borish uchun qo'llanadigan tokchali uskunalarining prinsipial sxemasi 30-rasmda ko'rsatilgan.



30-rasm. Qavatli orasida issiqlik almashtirgichi bo'lgan tokchali kontakt apparati: 1 — panjara; 2 — ichki issiqlik almashtirgich; 3 — to'siq; I,II,III,IV — katalizator qavatlarini.

o'zgarish xarakteri 31-rasmda ko'rsatilgan.



31-rasm. Issiqlik almashtirgichli tokchali kontakt apparatlarida mahsulotga aylanish darajasining o'zgarishi: X — muvozanat egri chizig'i;  $X_0$  — optimal egri chizig'i; I,II,III,IV — katalizator qavatlarida adiabatlar, a,b,d,e — issiqlik almashtirgichlarda gazlarning sovish chizig'i.

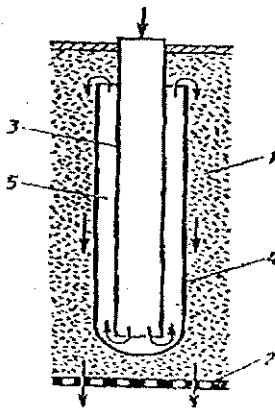
Bunday uskunalarda harorat sharoiti optimal harorat egri chiziq yaqinida katta amplitudada o'zgarib turadi va faqat uskunada tokchalar sonini ancha ko'paytirilgandagina optimal haroratga yaqinlashish mumkin.



**Quvursimon kontakt uskunalarida** issiq almashuv reaksiya bilan bir vaqtda va to'xtovsiz boradi. Kataliz politermik sharoitda kechadi, reaksiyaning issiqlik effekti qisman issiqlik kiritish va issiqlik chiqarish bilan kompensatsiyalanadi. Quvurlariga katalizator solingan uskunalar ham endo, ham ekzotermik reaksiyalarni o'tkazish uchun foydalaniladi, endotermik reaksiyalarda quvurlar oralig'iga issiqlik tashuvchi yonishdan hosil bo'lgan issiq gazlar yuboriladi (32-rasm). Masalan, butanni degidrogenlash, metanni katalitik konversiyasi birinchi bosqichli va boshqalarda shunday turdagi kontakt uskunalaridan foydalaniladi. Ekzotermik reaksiyalarda esa issiq almashuv katalizator bilan reaksiyaga kirishadigan, hali reaksiyaga kirishmagan gazlar orasida boradi va reaksiya issiqligi bilan qizib, so'ngra katalizatorga boradi.

Bunda ham kataliz zonasida harorat pasayadi. Ancha qulay konstruksiyali va keng qo'llaniladigan kontakt uskunalari bular issiq almashtiruvchi ikkita quvurli va kontakt massasi quvurlar oralig'idagi bo'shliqqa ikki quvurchaning orasiga emas, balki ikki quvurli quvurlar oralig'iga solinadi. Shunday turdagi kontakt apparatlarining elementlaridan biri 32-rasmda keltirilgan.

Unda 2-chambara ustidagi katalizator qavatcha I go'yo ikki qavatli issiq almashtirgich botib turgandek joylashtiriladi. Kontakt apparati kelib kiruvchi, ichki quvurcha 3 orqali o'tib, aylanma bo'shliq 5 orqali ichki va



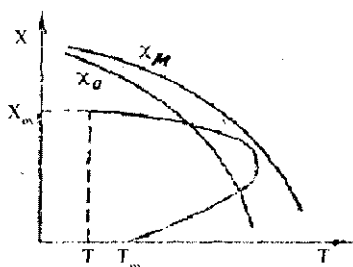
32-rasm. Ikki issiqlik almashtirgichli quvur:

- 1 — katalizator;
- 2 — teshikli tokcha;
- 3 — ichki issiqlik almashtiruvchi quvur;
- 4 — tashqi issiqlik almashtiruvchi quvur;
- 5 — quvurlar oralig'idagi halqali bo'shliq.

tashqi 4 issiq almashtiruvchi quvurchalar orasidan o'tadi. Natijada gaz reaksiya borishi uchun yetarli darajada qiziydi va kontakt massasini esa sovitadi, so'ngra katalizator qavatiga o'tadi. Quvursimon kontakt apparatida mahsulotga aylanish darajasi o'zgarishining xarak-

teri 33-rasmda berilgan. Bunday uskunalarda issiqlikni chiqarib olish intensivligining tarqalishi va katalizator qatlamining balandligi bo'yicha haroratning taqsimlanishi optimal sharoitga yaqin bo'ladi.

Kontakt apparatlarini konstruksiyalashda ko'pincha issiq almashtirishning bir necha usullari qo'llanilgan qurama uskunalar qo'llaniladi. Masalan, quvurli tokchali kontakt apparatlari unda katalizator tokchalarga



33-rasm. Ekzotermik reaksiyalar uchun quvursimon kontakt apparatlarida mahsulotga aylanish darajasining o'zgarishi.

$X_m$  — muvozanat egri chizig'i;

$X_o$  — optimal egri chizig'i;

$X_{ox}$  — oxirgi mahsulot unumi;

$T$  — yonish harorati;

$T_{ox}$  — oxirgi harorat.

va tokchalar oralig'ida o'rnatilgan quvurchalarga solinadi. Yana bir apparatda turli usullarda sovitish sistemalari o'rnatilgan tokchali kontakt apparatlari ham uchraydi. Masalan, ammiak sintezi kolonnasi qurama ko'p bosqichli uskunalarda filtrlovchi boshqa tur uskunalariga nisbatan optimal harorat sharoitiga ancha yaqinlashadi. Ammo barcha filtrlovchi katalizator qavatiga bo'lgan kontakt apparatlari harakatsiz katalizator qavatiga xos bo'lgan va katalitik jarayonlarini yanada intensivlanishni qiyinlashtiradigan quyidagi kamchiliklarga ega:

1. Filtrlovchi qavatda faqatgina yirik katalizator bo'laklarini yoki ko'ndalang kesimi eni 4-6 mmdan kichik bo'lmagan donachalarini ishlatish mumkin, chunki undan mayda bo'lsa katalizator qavatining gidravlik (suyuqlik harakati va muvozanatini o'rganadigan fanga gidravlika deyiladi). Bu yerda suyuqlikka o'xshash ko'rsatilgan qarshilik ma'nosini anglatadi).

Yirik zarrachalarning ichki yuzasi kataliz uchun kam foydalaniladi va bu holat katalizatoridan to'liq foydalanish darajasini (mahsuldorlikni) kamaytiradi.

2. Harakatsiz turuvchi katalizator donachalari qisman suyulib bir-biriga yopishib qoladi. Natijada katalizatorning aktivligi kamayadi, uskunaning gidravlik qarshiligi ortadi, gazning bir tekisda taqsimlanishi buziladi.

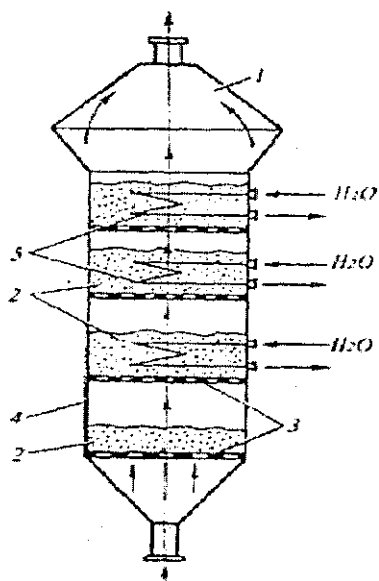
3. Bunday g'ovak katalizator donalari issiqlikni sekin o'tkazadi, shuning uchun katalizatoridan issiq almashtirgichga issiqlikning o'tishi va demak undan issiqlikni intensiv chiqarib olishning iloji yo'q va katalizatorning hamma joyida haroratning tarqalishi bir xilda bo'lmaydi.

4. Filtrlovchi katalizator qavatida issiq almashinuv darajasining pastligi sababli haroratni aniq to'g'rilab turish imkoniyati bo'lmaydi, natijada optimal harorat sharoitini saqlab turib bo'lmaydi va unumdorlik kamayadi.

5. Qo'zg'almaydigan katalizatorli uskunalarda, katalizatorni to'xtovsiz regeneratsiyalab turishning iloji bo'lmaydi. (Bu narsa ayniqsa ko'pgina organik moddalar ishlab chiqarish jarayonida juda zarur hisoblanadi.)

### Qaynovchi qavatli (muallaq osilib turuvchi) katalizatorli uskunalar.

Bunday uskunalar qo'zg'almas yoki filtrlovchi qavatli katalizatorli uskunalar o'rniga qo'llaniladi. Qaynovchi qavatli uskunalar yuqorida sanab o'tilgan kamchiliklarni yo'qotadi va kontakt uskunaning konstruksiyasini soddalashtirish imkonini beradi. Qaynovchi qavatli uskunalarda odatda mayda zarrachali, donachalarining diametri 0,1—2 mm bo'lgan katalizatorlar qo'llaniladi. Mayda zarrachalarning muallaq osilib turuvchi qavatli reaksiyaga kirishuvchi gazlarning (yoki suyuq) oqimi tufayli hosil bo'ladi. Buning uchun ustiga katalizator donachalari solib qo'yilgan panjara orqali pastdan yuqoriga tomon gaz yuboriladi. Gaz shunday tezlikda keladiki, u katalizator zarrachalarini qo'zg'almas holatdan muallaq osilib turuvchi holatga o'tkazadi. Osilib turuvchi qavatda katalizator donachalari har tomonga yo'nalgan holda to'g'ri chiziqli, girdobli va boshqa xilda harakatlar qiladi, natijada reagentlar diffuziyasi (reagentlar katalizator donachalariga diffuziyalanadi) tezlashadi. Bundan tashqari yana katalizatorning ichiga gaz pufaklari kirib, uni oralaridan o'tib, go'yo qaynab turgan qavatni hosil qiladi. Shuning uchun ham bunday katalizator qavatiga «qaynovchi» qavat deyishadi. Qaynovchi qavatli katalizatorli katalitik reaktorlarda harorat sharoiti izotermik bo'ladi. Qaynovchi qavatli katalizatorli kontakt uskunaning sxemasi 34-rasmda berilgan.



34-rasm. Qaynovchi qavatli katalizatorli kontakt apparati: 1 — chang ushlagich; 2 — katalizatorning qaynovchi qavatli; 3 — gaz taqsimlovchi chambara; 4 — apparat korpusi; 5 — issiqlik almashtirgichlar; (suvli sovitgich)

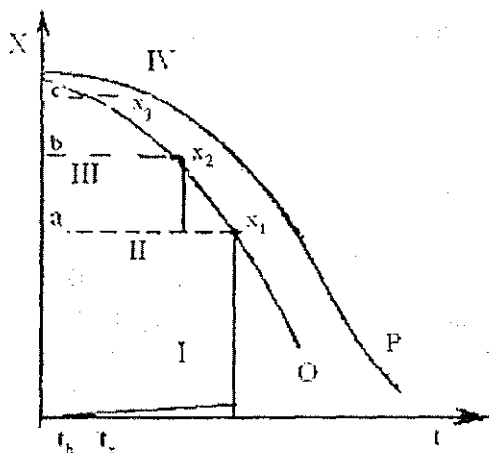
Bunday uskunalarda bir necha gaz taqsimlovchi panjaralar (3) o'rnatilgan bo'ladi. Reaksiyaga kirishuvchi gazlar aralashmasi pastdan yuqoriga ko'tarilib, har bir tokcha (panjara) ustida qaynovchi katalizator qavatini (2) hosil qiladi. Reaksiya mahsulotlari uskunaning yuqori kengaygan qismidan (1) chiqib ketadi. Uskunaning kengaygan qismida gaz oqimining tezligi kamayadi, natijada gazlar aralashmasidan katalizator donachalari pastga tushadi va gaz oqimi bilan katalizatorning chiqib ketishi keskin

kamayadi. Issiqlik almashinuvi har bir katalizator qavatida o'rnatilgan issiq almashtirgichlar (5) yordamida amalga oshadi.

Issiqlik almashtirishni bunday prinsipda amalga oshirilishi jarayonning issiqlik sharoitini optimal harorat egri chizig'iga maksimal yaqinlashtiradi.

Qaynovchi qavatli to'rt tokchali kontakt uskuna uchun tayyor mahsulotga aylanish darajasi 35-rasmda berilgan.

Katalizator qavatida gaz aralashmasi konsentratsiyasining tez tenglashuvi tufayli butun jarayon optimal egri chizig'ini yaqinida, ya'ni  $X_1$



**35-rasm.** Katalizatori muallaq osilib turuvchi apparat qavatlarida mahsulotga aylanish darajasining o'zgarishi.

P — muvozanat egri chizig'i;

O — optimal egri chizig'i;

I, II, III, IV — gaz o'tganda katalizator qavatlarida mahsulotga aylanish izotermasi.

$X_2$  va  $X_3$  da kechadi. a, b, c chizig'i bo'yicha harorat uskunaning birinchi, ikkinchi va uchinchi qavatlarida issiq almashtirgichlar yordamida to'g'rilanadi. 1, 2, 3 va 4 izotermalar har bir qavatda tayyor mahsulotga aylanishiga to'g'ri keladi.

Qaynovchi qavatli uskunalarda izotermik sharoit tufayli har bir qavatida harorat sharoitini avtomatik to'g'rilab turish oson amalga oshiriladi.

Muallaq osilib turuvchi qavatning ustunligi shundaki, katalizator zarrachalari o'lchamini kichraytirish natijasida, katalizatorning ichki aktiv yuzasidan to'liq foydalanish imkoniyati tug'iladi.

Qaynovchi qavatning qo'zg'almas yoki filtrlovchi qavatga nisbatan asosiy kamchiligi, unda gaz to'liq aralashtirilganligi sababli jarayonning harakatlantiruvchi kuchini kamayishidir hamda gazning bir qismi katalizator qavatidan pufak shaklida chiqishidir. Ilgari aytilganidek, harakatlantiruvchi kuchning kamayishi ayni qavatda mahsulot aylanish darajasiga proporsionaldir. Shuning uchun ham katalizator bir qavatli emas, balki bir necha qavatlarida (tokchalarda) qo'yiladi, natijada uning

harakatlantiruvchi kuchi qo'zg'almas qavatli uskunakiga yaqinlashadi. Boshqa kamchiligi katalizator harakatda bo'lganligi uchun uning tez yedirilishidir. Shuning uchun ham qaynovchi qavat uchun o'ta mustahkam, qattiq, yedirilishga chidamli, mayda donachali katalizator massasidan foydalaniladi. Bunga qo'zg'almas qavatli katalizatorni ishlatib bo'lmaydi.

Texnologik jarayonning sharoitiga qarab, qaynovchi qavatli katalizatorli kontakt uskunalarining, katalizatori regeneratsiyalanmaydigan va to'xtovsiz regeneratsiyalanadigan turlari ishlatiladi.

Qaynovchi qavatli uskunalar katalizatorni to'xtovsiz regeneratsiyalash uchun almashtirib turish zarur bo'lgan katalitik jarayonlarni o'tkazishda muvaffaqiyatli qo'llanilmoqda. Masalan, uglevodorodlarni degidrogenlashda gidroformingda (parafinlarni degidrogenlash va degidrotsiklizatsiyalashda), katalitik krekingda va boshqalarda. Endotermik jarayonlarni o'tkazishda issiqlik tashuvchi, reaksiyaga kirishuvchi qizdirilgan gazlar aralashmasi, ba'zan esa katalizatorning o'zi bo'lishi mumkin.

Osilib turuvchi qavatli katalizatorli uskunalar katalizatori regeneratsiyalashni talab qilmaydigan jarayonlarida ham keng qo'llaniladi. Masalan, ksilol yoki naftalindan ftal angidridini olishda, etilenni etilen oksidigacha oksidlashda, akrilonitril ishlab chiqarishda  $SO_2$  ni  $SO_3$  gacha oksidlashda va boshqalarda.

Bunday uskunalarni ayniqsa, o'ta changli atmosferaga chiqarib yuboriladigan gazlarni zararli aralashmalardan tozalashda foydalanish istiqbollidir. Masalan, ayrim korxonalarining mo'rilaridan chiqadigan tutun tarkibidagi atmosferani ifloslovchi zaharli gaz  $SO_2$  ni  $SO_3$  gacha oksidlab, so'ngra  $SO_3$  ni sorbsiyalab ajratib olishda, azot oksidlarini qaytaruvchilar ta'sirida to' erkin azot elementigacha qaytarishda, organik aralashmalarni to'liq yondirishda va boshqalarda.

Katalizatori harakat qilib turuvchi reaktorlar neft mahsulotlarini bug'fazali kreking qilishda ayniqsa juda keng qo'llaniladi. Ya'ni katalizatorning regeneratori bilan reaktor orasida to'xtovsiz harakat qilib aylanib turishi talab qilinadigan katalizning boshqa jarayonlarida ham undan foydalanish mumkin. Bunday reaktorlarning ikki tipi keng qo'llaniladi: a) mayda donachali katalizatorning gaz oqimida muallaq osilib turgan xili; b) shaxta uskunalarida reaksiyaga kirishuvchi gazlar bilan birgalikda to'g'ri yoki qarama-qarshi oqimda yuqoridan pastga tushadigan yirik donachali zich qavatli katalizatorli xili.

Katalizatori harakat qilib turuvchi reaktor qurilmasining sxemasi 34-rasmda berilgan. Unda bug'-gaz aralashmasining tezligi

shunchalik kattaki, katalizator donachalariga gazning ishqalanish kuchi donacha massasidan katta. Shuning uchun ham mayda katalizator donachalari gaz oqimi bilan birgalikda harakat qiluvchi va kontakt uskunaning yuqori qismidan chiqib ketadi. Katalizatorning asosiy massasi, siklon separatorlarda reaksiya mahsulotlaridan ajraladi va ejetor bilan regeneratorga yuboriladi, u yerda katalizator sirtiga o'tirib qolgan koks, kislorodda yoqish orqali tozalaniladi. Regeneratsiyalangan qattiq qizigan katalizator tik quvur orqali pastga tushib xomashyo bug'lari bilan qo'shilib ejetor yordamida yana reaktorga yuboriladi.

Bu qurilmaning kamchiligi, undan changsimon katalizatorni gaz oqimidan to'liq ajratib olib bo'lmaydi. Hamda chang ushlagichlar: siklon, elektrofiltr kabi ortiqcha qurilmalar kerak bo'ladi va ular ancha joyni egallaydi.

Qattiq katalizatorlarda suyuq fazali jarayonlar ko'pincha turli xildagi aralashtirgichlari bo'lgan uskunalarda, jumladan propellerli (parrakli, 12-rasm), kurakli (parrakli, 14-rasm) va shu kabilarda amalga oshiriladi, mahsulotga aylanish darajasining yuqori bo'lishini ta'minlash uchun, ular bir nechta bir-biriga batarseya qilib ulanadi. Masalan, tizma tipida (16-rasm). Pnevmatik aralashiruvchi uskunalarni (13-rasm) ham qo'llash mumkin.

Bunda ham mayda donachali katalizator qo'llaniladi va u mahsulotlar aralashmasidan tindirgichlarda, gidrosiklonlarda va filtrlarda ajratib olinadi.

**Kimyoviy texnologik jarayonlarni takomillashtirishning istiqbolli usullari.** Kimyoviy texnologik jarayonlarni yangi shakllanish, ya'ni vujudga kelish bosqichida bo'lgan yangi usul va usullarni tatbiq etish yo'li bilangina takomillashtirish va intensivlashtirish mumkin. Bunday usullarga fotokimyoviy, radiatsion-kimyoviy, biokimyoviy, plazmokimyoviy jarayonlar va ultratovushdan foydalanish kabilar kiradi. Radiatsion-kimyoviy va biokimyoviy jarayonlar, kimyoviy reaksiyalarni qo'zg'ash, ya'ni aktivlash va tezlatish mexanizmlari bo'yicha odatdagi katalitik jarayonlarga o'xshaydi.

Radiatsion-kimyoviy jarayonlar yuqori quvvatli katta energiyani ionlovchi nurlanishi (nur sochish yoki nur chiqarish) ta'sirida boradi. Bunda qo'zg'ovchi, ya'ni jarayonni tezlatuvchisi, elektromagnit nurlanish (rentgen) r-nurlanish va katta energiyaning zaryadlangan zarrachalaridir (tezlashgan elektronlar,  $\alpha$  va  $\beta$  zarrachalar, izotonlar va boshqalar). Reaksiyaga kirishuvchi sistemaga ionlovchi nurlanishning ta'sir mexanizmi bu reaksiyaga kirishuvchi moddalarga

energiya o'tkazishdan iboratdir. Bunda avval zaryadlangan zarrachalarning reagentlar molekulari bilan to'qnashuvi natijasida beqaror aktiv molekula hosil bo'ladi, so'ngra u molekula atomlarga parchalanadi yoki qo'zg'almagan molekula bilan reaksiyaga kirishib, ionlar yoki erkin radikallar hosil qiladi. Erkin radikallar ham, ionlar ham o'zaro bir-biri bilan yoki hali mahsulotga aylanmagan molekular bilan birikib, reaksiyaning oxirgi tayyor mahsuloti hosil bo'ladi.

Radiatsion-kimyoviy jarayonlar juda katta tezlikda boradi, chunki ularda aktivlanish energiyasi aktivlanmagan molekularning reaksiyalariga qaraganda keskin kamayadi. Radiatsion-kimyoviy reaksiyalarda energetik g'ov unchalik katta emas (20 — 40 kJ/mol' atrofida). Shu sababli ko'pgina radiatsion-kimyoviy jarayonlar nisbatan past haroratda olib boriladi. Radiatsion-kimyoviy jarayonlarni tadqiq qilish, ishlab chiqish va ularni ishlab chiqarishga tatbiq etish yangi radiatsion-kimyoviy texnologiya ishtirokida amalga oshiriladi. Ishlab chiqarishga tatbiq etilgan radiatsion-kimyoviy jarayonlarga avvalo galogenlash, sulfolash, qo'shbog'ga birikish va boshqa reaksiyalar kiradi. Radiatsion usul yuqori molekular birikmalar texnologiyasida polimerlash jarayonlarida hamda makromolekulalarni «tikish» yo'li bilan polimerlarni «termik» barqarorligi va mexanik mustahkamligini oshirishda qo'llaniladi. Kauchukni radiatsion vulkanlash jarayoni, polimer materiallaridan buyumlar: plyonka (yupqa parda), quvurlar, kabel izolyatsiyalar va boshqalarni tayyorlash ishlab chiqarishga tatbiq etilgan.

### **Biokimyoviy jarayonlar kimyoviy texnologiya uchun juda istiqbollidir.**

Ular juda aktiv tabiiy katalizatorlar — fermentlar va garmonlar hamda ushbu katalizatorni saqlovchi mikroorganizmlar ta'sirida tirik organizmlarda atmosfera sharoitida (harorat va bosimni oshirmay) boradi. Biokimyoviy jarayonlarning sanoatda imkoniyatlari cheksiz, ammo hali ular to'liq o'rganilgan emas. Yaqinda fanning yangi bir tarmog'i texnik mikrobiologiya (biotexnologiya) paydo bo'ldi, u xilmaxil kimyoviy mahsulotlar ishlab chiqarishning biokimyoviy usullarini o'rganadi. Antibiotiklar, vitaminlar, garmonlarni mikrobiologik sintezi amaliyotiga tatbiq etilgan. Texnik mikrobiologiyaning istiqbolida atmosfera azotini fiksatsiyalash (biriktirib olish), oqsil va yog' sintezi, oltinugurtni  $SO_2$  va  $SO_3$  gacha oksidlash va aksincha oltinugurtning uning birikmalaridan qaytarib olish, rudalardan metallarni mikrobiologik usulda ajratib olish kabilar bor. Ayniqsa oziq-ovqat mahsulotlarini, jumladan oqsilni mikrobiologik sintez usulida olish benihoyat katta ahamiyatga egadir.

Ma'lumki, butun dunyoda oqsil mahsulotlari tanqisligi sezilmoqda.

Bu muammoni yechish yo'llaridan biri mikrobiologik usulda oqsil moddalarini ishlab chiqarishni yo'lga qo'yishdir.

Bir qator biokimyoviy jarayonlar, anchadan buyon sanoatda oqsil, oziqa turushlari, turli xil achitishlar yordamida spirtlar, kislotalar olishda, oqava suvlarini biologik usulda tozalash kabilarda qo'llanilib kelinmoqda. Tirik organizmlarda amalga oshadigan kataliz prinsiplarini modellash qator ishlab chiqarish tarmoqlarini qayta qurish, oziq-ovqat resurslarini kengaytirish imkonini beradi.



### **III bob. KIMYO SANOATINING XOMASHYOSI VA UNI BOYITISH USULLARI VA ENERGIYA**

#### **3.1. Xomashyo va energiya**

Har qanday ishlab chiqarishning muhim tarkibiy qismlaridan biri xomashyodir. Xomashyo deb, iste'mol mahsulotlari va ishlab chiqarish vositalari olish uchun sanoatda ishlatiladigan tabiiy moddalarga aytiladi. Kimyo sanoatida xomashyo asosiy omil bo'lib, ishlab chiqarilgan tayyor mahsulot tannarxining 60-70 foizini tashkil etadi.

Sanoat ishlab chiqarishda xomashyo tushunchasidan tashqari dastlabki ashyo, tayyor mahsulot va chiqindi tushunchalari ham qo'llaniladi. Xomashyo va dastlabki ashyoni bir-biridan farq qilish kerak. Xomashyo sanoatda qayta ishlovdan o'tmagan tabiiy moddalardir. Biror-bir ishlab chiqarish uchun xomashyo, yarim fabrikat, oraliq mahsulot, yarim mahsulot (asosiy material) qo'shimcha mahsulot va ikkilamchi ashyolar dastlabki ashyo bo'lishi mumkin. Yarim fabrikat bu — tabiiy xomashyoni sanoatda dastlabki ishlov berish natijasida olingan materialdir. Oraliq mahsulot deb xomashyo yoki yarim fabrikatdan olingan individual moddalarga aytiladi. U ayni korxonada boshqa mahsulot ishlab chiqarish uchun dastlabki ashyo bo'lib xizmat qilishi mumkin. Qo'shimcha mahsulot deb, korxonada ishlab chiqarish jarayonida asosiy mahsulot bilan birga qo'shimcha reaksiyalar natijasida hosil bo'lgan individual modda yoki aralashmaga aytiladi. Ikkilamchi xomashyo deb, o'z xizmat muddatini o'tab bo'lgan narsalarga va materiallarning sanoatda ishlov berganda hosil bo'ladigan chiqindilariga aytiladi. Qaysikim, u chiqindilarni sanoatda qayta ishlab tayyor mahsulotga aylantirish iqtisodiy foydalidir. Tayyor mahsulot deb, xalq xo'jaligining turli tarmoqlarida amalda foydalanish uchun korxonadan jo'natiladigan moddalar yoki materiallarga aytiladi. Chiqindi deb, texnologik taraqqiyotning ayni davrida amaliy ishlatish sohasini topmagan tashlandiq moddalar yoki materiallarga aytiladi. Bunday bo'lishlar, albatta, nisbiydir. Masalan, nitrat kislota shu kislotani ishlab chiqarish korxonasining tayyor mahsuloti bo'lsa, o'g'it ishlab chiqarish korxonasining esa dastlabki ashyosi hisoblanadi.

Xomashyolar turli belgilariga qarab sinflarga bo'linadi. Kelib chiqishiga qarab, ular mineral, o'simlik va hayvon xomashyolariga, agregat holatlariga qarab qattiq, suyuq (neft sho'robalari), gazsimon (havo, tabiiy gaz) xomashyolarga, tarkibiga qarab anorganik va organik xomashyolarga bo'linadi. Mineral xomashyolar o'z navbatida rudali, rudasiz va organik yoki yonuvchi xomashyolarga bo'linadi. Rudali minerallar to'g'ridan to'g'ri

ruda deb ataladi. Ruda deb, tarkibida metall saqlovchi tog' jinslari yoki boshqa mineral birikmalarga aytiladi. Ulardan metallar ajratib olinadi. Metallar ruda tarkibida asosan oksidlar va sulfidlar shaklida bo'ladilar. Ruda tarkibida asosiy komponent — metaldan tashqari, har doim begona aralashmalar ham ushlaydi. Ishlab chiqarishda foydalanilmaydigan begona aralashmalarni chiqindi, ba'zan "bekorchi jins" deb ataladi. Tarkibida ajratib olishga yetarli miqdorda bir necha metall saqlovchi rudalarga polimetall rudalar deyiladi. O'zbekistondagi rangli metall rudalari (masalan: mis-ruxli, qo'rg'oshin-rux-kumushli) asosan polimetall rudalardir.

Rudasiz minerallar deb, metallmas moddalar olinadigan (masalan: fosfor, xlor, oltingugurt, o'g'itlar, soda, ishqorlar, kislotalar, sement, shisha va boshqalar) yoki bevosita kimyoviy ishlov berilmay foydalaniladigan tog' jinslari yoki minerallarga aytiladi. Rudasiz qazilmalar ishlatish sohasiga qarab shartli ravishda to'rt guruhga bo'linadi:

a) qurilish materiallari (tuproq, qum, shag'al, qurilish toshlari, g'isht, keramika va boshqalar);

b) industrial ashyolar, kimyoviy qayta ishlanmay foydalaniladi (slyuda, asbest, grafit, magnezit, korund va boshqalar);

d) kimyoviy mineral ashyolar, kimyoviy ishlov berilib, yoki to'g'ridan to'g'ri foydalaniladi (oltingugurt, fosfor, apatit, silvinit, toshtuz va boshqa ko'pgina tuzlar);

e) qimmatbaho, yarim qimmatbaho va ishlov berib tayyorlanadigan, ashyolar, ular mexanik ishlov berilgandan so'ng foydalaniladi (olmos, yoqut, zumrad, qahrabo, malaxit, feruza, yashma, marmar va boshqalar).

Organik yoki yonuvchi ashyolar uchga: qazilma, o'simlik va hayvon xomashyolariga bo'linadi. Qazilma organik yoki yonuvchi xomashyolar (torf, slanets, ko'mir, neft, tabiiy va yo'ldosh gazlar) energiya manbayi sifatida hamda, qimmatbaho kimyoviy ashyo sifatida ishlatiladi.

O'simlik va hayvon xomashyolari qishloq xo'jalik, o'rmon xo'jaligi va baliqchilik xo'jaliklarining mahsulotlari hisoblanadi.

O'simlik va hayvon ashyolari ishlatish sohasiga qarab ikkiga: oziq-ovqat va texnik ashyolariga bo'linadi. Oziq-ovqat ashyolariga, asosan, ozuqa sifatida iste'mol qilinadigan mahsulotlar (kartoshka, lavlagi, sut, g'alla, o'simlik, hayvon va baliq yog'lari va boshqalar) kiradi.

Texnik ashyolarga esa, oziq-ovqat sifatida ishlatishga yaroqsiz bo'lgan, ammo kimyoviy va mexanik ishlov berilgach turmush va sanoatda, texnik maqsadlarda ishlatish mumkin bo'lgan ashyolar kiradi. Masalan: paxta, yog'och, yog'och smolasi, somon, zig'ir poyasi, nasha poyasi (kanop), hind kanopi, charm, jun, mo'yna, ba'zi o'simlik va hayvon yog'lari (hind kanopi moyi, tung moyi — tung daraxti mevasidan olinadigan moy, kit,

treska baliqlari yog'i, turli kunjara, hayvon suyaklari va boshqalar). Ammo bunday texnik va oziq-ovqat ashyolariga bo'lish bu nisbiydir. Chunki ba'zan oziq-ovqat ashyolari texnik maqsadlarda va aksincha, texnik ashyolar, oziq-ovqat maqsadida ishlatilishi mumkin. Masalan: ba'zi oziq-ovqat yog'lari qayta ishlanib, ulardan sovun, olif va kosmetika vositalari olinadi.

### **3.2. Xomashyo manbalari va ularni qazib olish**

Yerning uzoq muddat geologik taraqqiyoti davrida ayrim elementlar, yerning ayrim joylarida turli minerallar shaklida to'planib qazilma boyliklar, konlar hosil qiladi. Qazilma boyliklarining qimmati, ulardan xomashyo sifatida foydalanish, ularning xalq xo'jaligida qay darajada foydaliligi, qayta ishlash texnologiyasining taraqqiyot darajasi, uning qazilma tarkibidagi konsentratsiyasi, zaxirasi, tarkibida foydali komponenti bo'lgan birikmaning xarakteri, qazib olishning oson yoki qiyinligi va boshqa shu kabi ko'rsatkichlarga bog'liq bo'ladi. Bu ko'rsatkichlar fan va texnika taraqqiyoti, xalq xo'jaligining taraqqiyoti hamda talab va ehtiyojlarga qarab o'zgarib turadi. Kimyo sanoatining taraqqiyot tarixida ko'pgina hodisalar ma'lumki, bir vaqtlar sanoat chiqindisi bo'lgan moddalar keyinchalik, muhim qimmatbaho xomashyoga yoki tayyor mahsulotga aylangan. Masalan: o'tgan asrning oxirlarida osh tuzi silvinit ( $KCl-NaCl$ ) mineralini qayta ishlab olinar edi, kaliy xlorid tuzi esa, chiqindi sifatida tashlanardi. Hozirgi paytda esa kaliy xlorid olish uchun silvinit qayta ishlanadi, (chunki  $KCl$  muhim mineral o'g'it sifatida ishlatiladi) va  $NaCl$  esa chiqindi sifatida tashlanadi. Ko'pgina siyrak elementlar ilgari ishlatish sohalari bo'lmaganligi uchun yoki ularni yetarli miqdorda olib bo'lmaganligi sababli foydali qazilma tarkibidan asosiy element olingach, qolganlari chiqindi sifatida tashlab yuborilgan. Hozirgi kunda esa, ularni atom energetikasi, mikroelektronika, radiotexnika, teletexnika, kosmik texnika sohalarida keng qo'llanish sohalari ochilgach, ularga bo'lgan talab va ehtiyojning ortganligi sababli ularning sanoat ishlab chiqarishi yo'lga qo'yilgan.

Qattiq mineral xomashyolarni sanoatda, uning yer yuzasiga yaqin yoki chuqurlikda joylashganligiga qarab ochiq yoki yopiq usulda qazib oladilar. Ochiq usulda ohaktosh, gips, qum, bentonitlar, tuproq, granit, marmartosh, qurilish toshlari, sochma oltin, platina, olmos, ba'zi ko'mir konlaridan (masalan, Kansko — Achinskiy — Rossiya) ko'mir, rudalar, apatitlar va boshqalar qazib olinadi. Yopiq usulda yer ostida: shaxtalarda, rudniklarda, konlarda qazib olish ishlari olib boriladi. Shaxtalarda ko'mirning har xil turlari, rudniklarda metall rudalari va fosforit hamda apatitlar, konlarda

esa tuzlar qazib olinadi. Neft va gaz esa maxsus neft yoki gaz sanoati korxonalarida olinadi. Foydali qazilma boyliklarni ochiq usulda olish yopiq usulga nisbatan katta ustunlikka ega, chunki ochiq usulda mexanizatsiyani keng qo'llash, qudratli qazib oluvchi uskunalarni o'rnatish, mehnat sharoitini yaxshilash mumkin bo'ladi. Natijada ochiq usulda mehnat unumdorligi 2—6 martagacha yuqori, qazib olingan mahsulotning tannarxi esa 2—3 martagacha yopiq usuldagiga nisbatan kam bo'ladi.

Ammo ochiq usulning ham o'ziga yarasha kamchiliklari bo'ladi. Bu usul atrof-muhitga salbiy ta'sir etadi, tuproqning unumdor qismini yo'qotadi, suv sharoitini buzadi, tuproq eroziyasiga olib keladi, havo, suv havzalarining konga yaqin bo'lgan qishloq va shaharlar atmosferasining changlilik darajasini oshiradi.

O'zbekistonda 1930-yilgacha kimyoviy xomashyo manbalari yo'q, hali ochilmagan edi, yer qa'rida yashirinib yotardi. 1930-yillardan keyin respublikamiz hududida geologik qidiruv ishlari qizg'in boshlab yuborilganligi munosabati bilan birin-ketin turli xomashyo manbalari, qazilma boyliklar ochila boshlandi. 1931-yilda topilgan Olmaliq mis koni O'zbekistonda rangli metallurgiya sanoatining paydo bo'lishiga olib keldi. Keyinchalik Angren ko'mir koni (1941-yilda topildi), Oltintopgan qo'rg'oshin va rux koni (1948-yilda topildi), volfram, aluminiy, vismut, simob, surma, neft, gaz, marmar, fulyuorit, magniy rudalari, oltingugurt, osh tuzi, kaliyli tuzlar, kaolin, bentonit, bezak toshlari: feruza, oniks, xolseidon, ametist va boshqa konlar topildi. Respublikamiz mustaqil bo'lgandan so'ng kimyo sanoati keng rivojlandi. Bir qancha yangi zavod va korxonalar qurilib ishga tushirildi. Masalan: 1991-yilda Toshkent viloyatida "Mediz" zavodi (bir marta ishlatiladigan shprislar ishlab chiqarishga ixtisoslashgan), 1994-yilda Samarqand, Navoiy va Buxoroda marmar va granitni qayta ishlash qo'shma korxonalari tashkil etildi. 1995-yildan boshiab Farg'ona neftni qayta ishlash birlashmasi neft va gaz kondensatini qayta ishlay boshladi. 1998-yilda ushbu korxonada rekonstruksiya qilingach 27 xil neft mahsulotlari bera boshladi. 1997-yilda Buxoro neftni qayta ishlash zavodi qurilib ishga tushirildi. 1998-yilda Buxoroda "Gufik — Avitsenna" Buxoro — Hindiston qo'shma farmatsevtika korxonasi, 1999-yilda Navoiy viloyati hududida (Tomdi tumani) Qizilqum fosforit zavodi ishga tushirildi, Sho'rtanda polietilen ishlab chiqarish zavodi, Sho'rtan gaz kompleksi qurilib ishga tushirildi (Qashqadaryo viloyatida). Respublika oltin, kumush, uran, mis, molibden, rux, volfram singari qimmatbaho va nodir metallar zaxirasi bo'yicha dunyoda yetakchi o'rinlardan birini egallaydi. O'zbekiston hududida 30 ta oltin koni borligi aniqlangan. Bu konlarning umumiy zaxirasi 4 ming tonnadan ortiqdir. Respublikamizning topilgan

gaz zaxiralarida 2 trillion m<sup>3</sup> ga yaqin gaz, ko'mir konlarida — 2 mlrd. tonnadan ziyod ko'mir, 350 mln. tonnaga yaqin neft zaxiralari mavjudligi aniqlangan. Shu kungacha respublikamizda hammasi bo'lib 95 xildan ortiq xomashyo konlari ochilgan va ular 700 ta konlarda joylashgan. Ular asosida hozirgi vaqtda foydalanilayotgan 370 ta shaxta konlardan har yili 200 mln. t gacha xomashyo qazib olinmoqda.

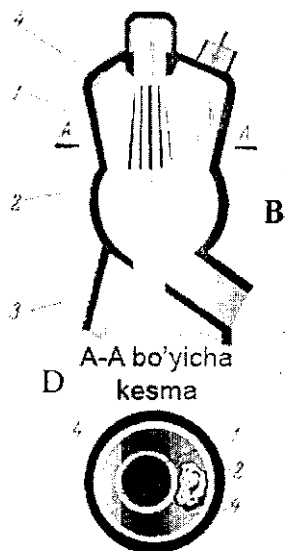
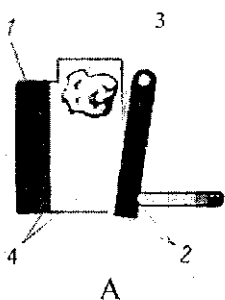
### 3.3. Qattiq xomashyoni boyitish

Har qanday tabiiy xomashyo qazib olingach, tarkibida foydali mineraldan tashqari ma'lum miqdorda foydasiz yoki u qadar ahamiyatga ega bo'lmagan, hatto zararli bo'lgan begona aralashmalar — “bekorchi jinslar” ham uchraydi. Masalan, qattiq xomashyolarda: kremnezyom, ohaktosh, tuproq, turli sulfidlar, temir, suyuqliklarda qattiq zarrachalar, suv, suvda erigan tuzlar: gazlarda — vodorod sulfidi va boshqalar bo'ladi. Kimyoviy ishlab chiqarishlarda mahsuldorlikni oshirish, tayyor mahsulot sifatini yaxshilash, energetik va boshqa sarfiyotlarni kamaytirish jarayonini intensivlash maqsadida konsentrlangan xomashyo ishlatishga harakat qilinadi. Buning uchun xomashyo boyitiladi, ya'ni uning tarkibidagi foydali tarkibiy qismining miqdori oshiriladi.

Xomashyo qazib olingan joyda, maxsus boyitish korxonalarida boyitiladi. Bu holat ortiqcha transport xarajatlarini (tashish, ortish, tushirish) tejaydi. Xomashyolarning agregat holatlariga qarab ularni boyitishning turli usullari qo'llaniladi.

Tog' jinslari (rudalar) boyitishdan ilgari zarrachalari (kristallari) orasidagi bog'larni buzish uchun maydalaniladi, zarur bo'lsa suvsizlantiriladi. Maydalashni shartli ravishda: dag'al maydalash yoki tuyish va unday maydalash yoki kukunlashtirishga bo'lish mumkin. Tuyish maxsus tuyuvchi dastgohlarda olib boriladi. Tuyilgan jins bo'laklarining kattaligi bir millimetrdan katta bo'ladi. Kukunlashtirish esa tegirmonlarda amalga oshiriladi va bo'lakchalarining kattaligi to 0,1 mikrongacha bo'ladi. Tuyish har doim quruq holda olib boriladi. Kukunlashtirish esa yo quruq, yo ho'l usulda amalga oshiriladi. Barcha maydalovchi dastgohlarni (36-rasm) maydalash usuliga qarab 5 turga bo'lish mumkin:

1. Tishli maydalagich dastgohlarining asosiy ish qismlari vazifasini qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan yassi qismlar bajaradi. Xomashyo qo'zg'aluvchan va qo'zg'almas yassi qismlar oraliqining yuqori tomonidagi bo'shliqqa beriladi, bunda xomashyo qo'zg'aluvchan yassi qismning tebranma harakati ta'sirida tuyiladi. Maydalangan zarrachalar pastki tor tirqish orqali tashqariga chiqariladi.



**36-rasm.** Maydalovchi mashinalar.

A. Tishli maydalagich: 1 — qo'zg'almas yuzasi, 2 — harakat qiluvchi qo'zg'aluvchan yuzaning ikki holati; 3 — vallar; 4 — marganetsli po'latdan yasalgan plitalar. B. Konussimon maydalagich.

1 — aylanuvchi konus; 2 — qo'zg'almas konus; 3 — val; 4 — marganetsli po'latdan yasalgan plitalar. D. Valikli maydalagich. 1 — qo'zg'almas valik; 2 — harakat qiluvchi valik; 3 — prujina.

2. Konussimon maydalagich dastgohlari bir-biriga nisbatan eksentrik (umumiy markazga ega bo'lmagan) holatda aylanadigan ikkita konuslar oraliq'ida xomashyoni siqish, ezish yordamida maydalashga asoslangan.

3. Valikli maydalagich, bunda ikkita silindrsimon aylana valiklar bo'lib, ulardan biri qo'zg'almas, ikkinchisi esa 4 m harakatlanuvchi valikdir, ashyo valiklar orasida qisilib maydalanadi.

4. To'qmoqli maydalagich, urib maydalashga asoslangan.

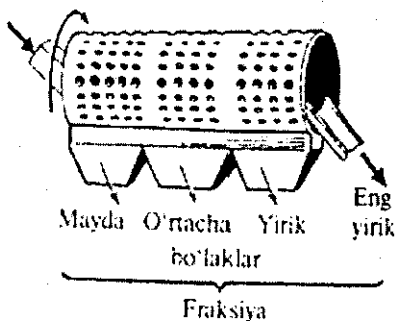
5. Sharli maydalagich (tegirmon) maydalovchi jismlar (metall yoki kvardan tayyorlangan sharlar) bilan qisman to'ldirilgan barabandan iborat. Barabanning aylanishi paytida ishqalanish kuchi ta'sirida sharlar baraban bilan birga harakat qilib, ma'lum balandlikka ko'tarilgandan so'ng erkin tushib, ashyoning zarba kuchi va yeyilish natijasida maydalaydi.

Yirik va o'rtacha kattalikda maydalash uchun yassi yuzali va konusli maydalagich hamda valikli tegirmondan foydalaniladi. Maydalangan tog' jinslari fraksiyalarga ajratiladi va ruda tarkibidagi foydali komponentlardan birining miqdori turli usullar yordamida ko'paytiriladi. Shunday yo'llar bilan boyitilgan ruda — konsentrat deb ataladi, qolgan foydalanilmaydigan, "bekorcha jinslar" esa, qoldiq yoki chiqindi deb ataladi. Qattiq xomashyoni boyitish uch xil: mexanik, kimyoviy va termik usullarga bo'linadi.

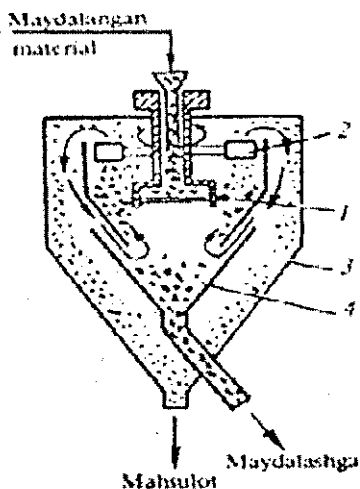
Mexanik boyitish usuli xomashyo tarkibiga kirgan minerallarni turli fizikaviy va fizik-kimyoviy xossalari asoslanadi. Mexanik boyitish usuliga: navlarga ajratish, gravitatsion ajratish, elektromagnitli va elektrostatikli separatsiya hamda flotatsiya usullari kiradi.

**Navlarga ajratish.** Bu usulda xomashyo zarrachalarining kattakichikligiga qarab ajratish orqali boyitiladi. Agar xomashyo qattiqligi

turlicha bo'lgan minerallardan iborat bo'lsa, yumshoqlari juda maydalanib ketadi. Qattiqi esa yirikroq bo'laklarga bo'linadi. U elakdan o'tkazilgandan so'ng yiriklari maydasidan ajratiladi, navlarga ajratiladi va bir yo'la xomashyo ham boyiydi. Masalan, fosforit va apatit rudalar bekorcha jinstardan shunday yo'l bilan ajratiladi. Qattiq xomashyolar zarrachalarining kattakichikligiga qarab g'alvirdan o'tkazish yo'li bilan navlarga ajratiladi. G'alvirlar yassi yoki silindrsimon



37-rasm. Baraban g'alvir.

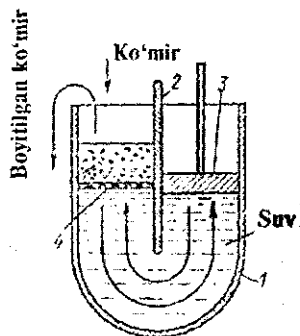


38-rasm. Havo separatori sxemasi: 1 — aylanuvchi tarelka; 2 — ventillarning qanotchasi; 3 — tashqi konus; 4 — ichki konus.

bo'lishi mumkin. Navlarga ajratishni intensivlash uchun g'alvir aylanishi, tebranishi, titrashi kerak. Maydalangan xomashyoni bir necha navlarga ajratish uchun uni teshiklarining kattaligi turlicha bo'lgan bir necha g'alvirda elanadi yoki teshiklarining kattaligi har xil bo'lgan bir necha seksiya — bo'lmalardan iborat silindrsimon g'alvirlardan (baraban g'alvir) o'tkazib elanadi (37-rasm).

**Gravitatsion boyitish** massasi, kattaligi va zichligi turlicha bo'lgan zarrachalarning suv yoki gaz oqimida og'irlik kuchi ta'sirida yoki markazdan qochma kuch ta'sirida har xil tezliklarda pastga tushishiga asoslangan. Xomashyo suvda erisa yoki buzilsa quruq usuldan foydalaniladi. Quruq gravitatsion usulda boyitish havo oqimida cho'ktirish orqali yoki separator mashinalarda olib boriladi. Havo separatorining tuzilishi 38-rasmda berilgan.

U ikki: ichki va tashqi konusdan xomashyoni changitib to'kuvchi qurilma hamda havoni aylantiruvchi moslamadan iborat. Maydalangan kukunsimon ashyo aylanuvchi tarelka yordamida ichki konus ichiga sochilib turadi. Mayda zarrachalar havo oqimi bilan yuqoriga ko'tariladi va tashqi konusga tushib, uning ostki qismidan chiqadi, yirikroq zarrachalari esa ichki konusning ostiga cho'kib maxsus quvur orqali chiqadi.



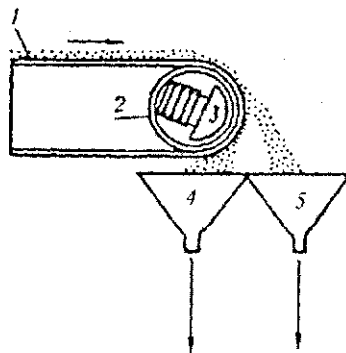
39-rasm. Ho'l usulda boyituvchi cho'ktirish mashinasining sxemasi.

cho'ktirish bo'limasiga ajratilgan tindirgich ostidan oqiziladi. Eng katta va og'ir zarrachalar tez cho'kkanligi uchun birinchi bo'limga cho'kadi, o'rtachasi ikkinchi va yengil zarrachalar uchinchi bo'lmachaga cho'kadi. Nihoyat, eng yengil va mayda zarrachalar suv bilan tindirgichdan chiqib ketadi. Bo'lmalar sonini ko'paytirish bilan xohlagancha fraksiyalarga ajratib olish mumkin.

**Elektromagnitli boyitish usuli** paramagnitli yoki ferromagnitli ashyolarni diamagnitli materiallardan ajratishda qo'llaniladi. Masalan: magnit temirtosh ( $Fe_3O_4$ ), xromitli temirtosh ( $Fe \cdot Cr_2O_3$ ) va boshqa magnitga tortiluvchi minerallarni bekorchi jinslardan ajratishda. Elektromagnitli separator 40-rasmda berilgan.

Ho'l usulda boyitish, asosan, suv oqimida tindirgich sistemalari, shag'al yuvgichlar, gidravlik saralagich, konsentratsion stol, cho'ktiruvchi mashinalar va gidrosiklonlar yordamida olib boriladi. Cho'ktiruvchi mashinalarda boyitish eski usullardan biri bo'lib, temir rudalari, toshko'mir, qalay, volframli va boshqa rudalarni, oltin, kumush, platina, olmos saqlovchi qumlarni boyitishda keng qo'llaniladi. Ho'l usulda boyituvchi cho'ktirish mashinasining sxemasi 39-rasmda berilgan.

Maydalangan material aralashtirgichi bo'lgan bakda suv bilan aralashtirilib pulpa (qattiq materialning suyuqlikdagi konsentrlangan aralashmasiga pulpa deyiladi) hosil qilinadi. Pulpa vertikal to'siqlar bilan to'silib uch



40-rasm. Elektromagnitli separatorning sxemasi.

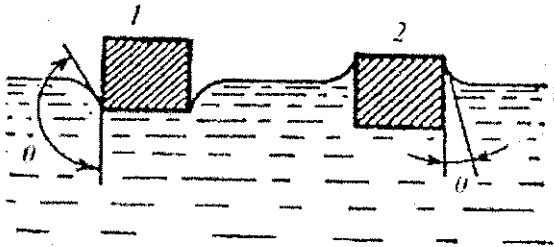
- 1 — transportyor tasmasi;
- 2 — transportyor barabani;
- 3 — elektromagnit;
- 4, 5 — bunkerlar.



Xomashyolarni maydalashdan oldin unga aralashib qolgan po'lat siniqlarini ajratish uchun ham foydalaniladi. Aks holda, maydalagichlarga tushib qolsa, ularni sindirishi mumkin.

**Elektrostatikli boyitish** usuli materiallarni turlicha elektr o'tkazuvchanligidan foydalanib ajratishga asoslangan. Masalan, temir kolchedoni bilan mis kolchedoni (xalkopirit –  $\text{CuFeS}_2$ ), qo'rg'oshin yaltirog'i, tugma metallar saqllovchi rudalarni dielektrik jinslardan, masalan, ohaktosh, gips, qum, silikat va boshqalardan ajratishda foydalaniladi. Uning ishlash prinsipi ham elektromagnitli separatorga o'xshaydi. Ammo elektrostatik separatorlarga magnit o'rniga elektrod o'rnatilgan bo'ladi va elektrod manfiy qutbi bilan toq to'g'rilagichga ulangan bo'ladi. Elektrni yaxshi o'tkazuvchi zarrachalar manfiy zaryadlanib bunkerdan itariladi va boshqa yig'igichga tushadi. Dielektriklar esa bunkerga tushadi.

**Flotatsion boyitish.** Flotatsiya inglizcha flotation so'zidan olingan bo'lib, qalqib chiqish degan ma'noni anglatadi. Bu usul keng tarqalgan bo'lib, bu usulda polimetall sulfidli rudalar boyitiladi. Apatitlar nefilindan ajratiladi, oltingugurtli rudalardan konsentratlar olinadi, toshko'mir va ko'pgina tuzlar boyitiladi. Bu usulda xomashyo tarkibidagi mayda zarrachalarning suvda ho'llanish darajasi har xilligidan foydalaniladi. Materiallarning ho'llanish me'yori – darajasi, bu qattiq zarracha, suyuqlik va havo chegarasida hosil bo'luvchi ho'llanishning chekka burchagi kattaligi hisoblanadi (41-rasm).



41-rasm. Ho'llanishning ta'siri.

Suv ho'llanmaydigan (gidrofob) zarracha bilan o'tmas chekka burchak hosil qiladi. Sirt taranglik kuchi suyuqlik sathini tenglashtirishga intiladi, natijada gidrofob zarracha suyuqlikdan itarilib yuzaga qalqib chiqadi. Gidrofil zarrachalar esa, suyuqlik ostiga tushadi. Bu hodisa, mineral zichligiga bog'liq emas, ko'pchilik hollarda og'ir gidrofob zarrachalar yuzaga qalqib chiqadi, yengillari esa cho'kadi. Zarrachaning o'lchami qanchalik kichik bo'lsa, ho'llanish kuchliroq bo'ladi. Pulpa orqali havoning mayda pufakchalari

puffansa, o'zi bilan birga gidrofob zarrachalarini ham olib yuzaga qalqib chiqadi. Qattiq zarrachaning ho'llanmaslik darajasi va ho'llanish chekka burchagi qanchalik katta bo'lsa, uning havo pufakchasiga yopishish va yuzaga qalqib chiqish ehtimoli shunchalik katta bo'ladi. Natijada suyuqlik yuzasida gidrofob material zarrachalarini olib chiqqan ko'pikchalar qavatli hosil bo'ladi. Uni osongina ajratib olish mumkin. Yaxshi ho'llanadigan zarrachalar asta-sekin suyuqlik ostiga cho'kib to'planadi.

Tabiiy minerallar ho'llanish darajasi bilan bir-biridan kam farq qiladi. Shuning uchun ham flotatsiyaga qulay muhit yaratish uchun pulpaga turli flotareagentlar qo'shiladi. Barcha flotareagentlar: ko'pik hosil qiluvchilar, yig'gichlar va to'g'rilagichlar (regulatorlar) ga bo'linadi.

Ko'pik hosil qiluvchilar organik sirt aktiv moddalar bo'lib, ko'pikning tashqi qavatida absorbsion parda hosil qiladi hamda ko'pikning barqarorligini, mustahkamligini oshiradi. Ko'pik hosil qiluvchi sifatida qarag'ay moyi, yog'och diyogoti, toshko'mir smolasining ba'zi fraksiyalari, OH-guruh saqllovchi moddalar (yuqori alifatik spirtlar, fenollar, krezollar) va boshqalardan foydalaniladi.

Yig'gichlar — organik moddalar bo'lib, molekulasida qutbsiz (uglevodorodli) va qutbli (karboksil, gidroksil, amin va boshqa) qismlardan tuzilgan bo'ladi. Bunday moddalar o'zining qutbli guruhlari bilan qattiq zarracha yuzasiga adsorbatsiyalanib, uning gidrofobliligini keskin oshiradi. Natijada unday zarrachalar pufakchalar (ko'pikchalar) sirtida yig'iladi va suyuqlik yuzasiga qalqib chiqadi. Yig'gichlar sifatida, sulfidli rudalar uchun kisantogenotlar va ditiofosfatlar, ishqoriy yer elementlari tuzlarini yoki metall oksidlarini ( $\text{SnO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}_2$ ) saqllovchi minerallar (apatit ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CuF}_2$ ), flyurit ( $\text{NaAlF}_6$ ), barit ( $\text{BaSO}_4$ ) va boshqalar) uchun yuqori alifatik aminlar ishlatiladi.

Regulator — to'g'rilovchi, reagentlarning tanlab ta'sir etish xossasini oshirish uchun xizmat qiladi. To'g'rilovchilardan bir xillari yig'gichlarni adsorbatsiyalanishini tezlashtirsa, boshqalari esa flotatsiyalanishi kerak bo'lmagan zarrachalarga adsorbatsiyalanib, ularning gidrofilligini oshiradi. Regulatorlar molekulasida gidrofob guruhlari bo'lmaydi. Masalan, suyuq shisha silikat minerallarni, ohak kabilarni flotatsiyalanishini kamaytiradi. Shunday qilib, ko'p marta selektiv flotatsiyalash natijasida nafaqat foydali komponentni bekorchi jinslardan ajratish, boyitish, balki ularni to'liq ajratish ham mumkin. Flotareagent sarfi katta bo'lmaydi. Bir tonna jinsga 100 grammacha flotareagent sarflanadi, xolos.

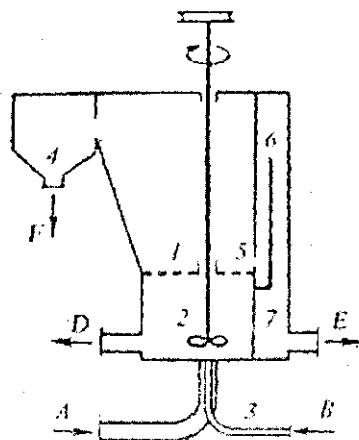
Xomashyoni boyitish uchun ikki turdagi flotatsiya mashinalari ishlatiladi:

1. Kamerali (bo'lmali), bunda pulpa havo bilan mexanik usulda aralashtiriladi.

2. Tog'orali mashina. Pnevmatik (siqilgan havo yordamida ishlovchi) usulda aralashtiriladi.

Kamerali mashinalarda bir necha bo'limlar bir-biri bilan tutashtirilgan bo'lib, har bir bo'lma (kamera) ichida va bo'lmalarda tutashgan joyda: teshiklari bo'lgan disk (to'garak) panjara, to'siq, otseklar (bo'lmalarni ajratuvchi bo'shliq) joylashtirilgan bo'lib, ular yordamida pulpa sathi har xil darajada saqlab turiladi va flotatsiyaga turli sharoit yaratiladi. 42-rasmda bu mashinaning bitta bo'lmasini uzunasiga kesmasi ko'rsatilgan.

Bo'lmaning ostki qismida quvurchalar orqali ko'pik hosil qilish uchun havo hamda flotareagentlari bo'lgan toza pulpa kiritiladi. Bo'lma gorizontal holda o'rnatilgan chambara yordamida ostki aralashtiruvchi va ustki ajratuvchi qismlarga ajratilgan. Ustki ajratuvchi bo'limidan konsentrat saqlovchi ko'pik olinadi. Ostki bo'limidan esa ruda qoldiqlari chiqarib olinadi. Agar qoldiqlar tarkibida kerakli komponentlar saqlansa, u keyingi flotatsiyalovchi bo'limga o'tadi va boshqa flotareagentlar yordamida flotatsiyalanadi. Bo'lmasa chiqindi sifatida tashlanadi. Konsentrat tindirgichlarda suvdan, ko'pikdan ajratiladi. Filtrdan o'tkaziladi va quritiladi.



42-rasm. Aralashtirib flotatsiyalash mashinasining bo'lmasi:

1 — gorizontal boshqosimon panjara; 2 — aralashtirgich; 3 — havo yuborish uchun quvurcha; 4 — konsentratni chiqarib olish bo'lmasi; 5 — teshik; 6 — ostona; 7 — oraliq bo'lma. A. Pulpa kiritiladigan joy; B. Havo kiritiladigan joy; D. Konsentrat chiqarib olinadigan joy; E. Oraliq mahsulotlar chiqariladigan joy; F. Yirik zarrachalar chiqariladigan joy.

Pnevmatik mashinalarda esa, maydalangan jinslar pulpaga solinadi va gidrofob zarralarni flotatsiyalash xizmatini o'tovchi havo yordamida aralashadi.

**Termik boyitish.** Xomashyoning turlicha suyuqlanuvchanligiga asoslangan. Ashyo qizdirilganda oson suyuqlanuvchi materiallar suyuq holda oqib, qiyin suyuqlanuvchi jinslardan ajraladi. Shunday usul bilan oltingugurtni boshqa jinslardan (asosan qiyin suyuqlanuvchi ohaktosh, gips va shu kabilardan) suyuqlantirib ajratib oladilar.

Bitumlarni anorganik qo'shimchalardan ajratib olishda ham qo'llaniladi.

**Kimyoviy usullari** komponentlarni tashkil etuvchi qismlarning kimyoviy xossalarni har xilligidan foydalanib xomashyoni boyitishga asoslangan.

### 3.4. Suyuq xomashyolarni boyitish

Suyuq aralashmalarning (eritmalar) tarkibidagi moddalarni bug'lantirish, muzlatish, to'yintirish, komponentlarni cho'kmaga tushirish, ekstraksiyalash yoki rektifikatsiyalash orqali ajratadilar yoki konsentrlaydilar.

Bug'lantirish kislotalar, asoslar, tuzlarni va mineral o'g'itlarning tarkibidagi suvni yo'qotish uchun qo'llaniladi. Muzlatish bilan odatda qish paytlarida tabiiy sho'robalar konsentrlanadi. Ko'pgina kimyoviy ishlab chiqarishlarda dastlabki va aylanma eritmalar foydali komponentlar bilan to'yintiriladi. Masalan, tabiiy sho'robalarda osh tuzini eritib to'yintiriladi va soda ishlab chiqarish uchun dastlabki ashyo sifatida foydalaniladi. Glinozyom ishlab chiqarishda osh tuzi elektrolizida aylanma eritma to'yintiriladi. Komponentlarni cho'kmaga tushirish uchun eritmalarga cho'ktiruvchi reagentlar qo'shiladi, natijada kimyoviy reaksiya borib yoki asosiy komponent, yo begona aralashmalari kristall holda cho'kmaga tushadi. Yoki eritmadagi kolloid aralashmalarni, polimerlarni kaogulyatsiyaga uchratadi va cho'ktiradi. Bu usuldan mineral tuzlar, organik moddalar ishlab chiqarishda, polimetall rudalarni qayta ishlab rangli metallarning konsentratlarini olishda keng foydalaniladi. Neft kimyosi ishlab chiqarishida va organik sintezda suyuq aralashmalarni ajratishda, asosan, suyuqliklarda ekstraksiyalash va rektifikatsiyalash keng qo'llaniladi. Suyuqliklarda ekstraksiyalash bir-biri bilan aralashmaydigan suyuqliklar yordamida eritma tarkibidagi komponentlardan birini yoki bir nechtasini selektiv (tanlab) eritish orqali ajratiladi. Bunda eritib oluvchi – selektiv erituvchi eritma bilan ikki qavat hosil qiladi. Shundart foydalangan holda, ular ajratib olinadi, erituvchi haydaladi va yana erituvchi sifatida ishlatiladi, erituvchidan qolgan moddalar esa aralashmalar sifatida alohida olinadi. Masalan: nitrobenzol, furfurool yoki boshqa qutbli erituvchilar yordamida surkov moylari turli zararli aralashmalardan tozalanadi. Uglevodorodlar, spirtlar, aldegidlar, moy kislotalari va boshqa ko'pgina organik moddalarni ajratib olishda ekstraksiyalovchi modda sifatida dietil efir, benzol, dimetilformamid, xloroform va boshqalar ishlatiladi. Rektifikatsiya, neftni qayta ishlashda va organik moddalar ishlab chiqarishda keng qo'llaniladi. Bu usul moddalarning qaynash haroratining har xilligiga asoslangan bo'lib, moddalarni tozalash va ajratish maxsus uskunalarda – rektifikatsiya minoralarida olib boriladi.

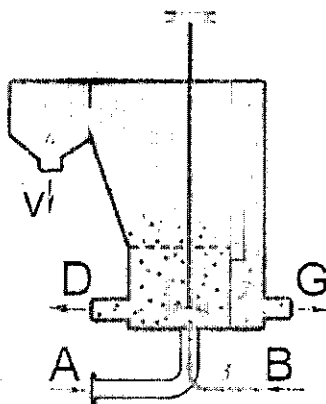
### 3.5. Gazsimon xomashyolarni boyitish

Gazsimon aralashmalar quyidagi usullar yordamida ajratiladi:

1. Ketma-ketlik bilan kondensatsiyalash (sekinlik bilan haroratni pasaytirib, bosimni esa oshirib borish orqali gazlarni suyuq holga o'tqazish).
2. Suyultirilgan gazlar aralashmasini ketma-ketlik bilan bug'lantirish yoki rektifikatsiyalash.
3. Absorbsiyalash va desorbsiyalash.
4. Adsorbsiyalash va desorbsiyalash.

Ketma-ketlik bilan kondensatsiyalash usuli gazlar aralashmasi komponentlarining suyuqlanish harotatlari har xilligiga asoslangan. Bu usul bilan qattiq yoqilg'ilarni kokslashda foydalaniladi. Hosil bo'luvchi uchinchi mahsulotlarni, tabiiy gazni, neftni qayta ishlashda hosil bo'lgan gazlar qayta ishlanadi. Keng qo'llaniladigan usullardan biri absorpsion – desorpsion usuldir. Bu usulda gaz aralashmasi tarkibidagi komponentlardan biri sovuq erituvchida tanlab yuttiriladi. So'ngra absorbsiyalangan gaz eritmani qizdirish yo'li bilan ajratib olinadi. Absorpsion-desorpsion qurilma sxemasi 43-rasmda berilgan.

Bunda absorblovchi suyuqlik avval absorberni sug'oradi, unga qarama-qarshi oqimda esa, ostdan gazlar aralashmasi kiritiladi. Absorbsiyalagan suyuqlik issiq almashtirgichga oqib o'tadi va ancha issiq desorberning tepasidan sachratiladi. Undan gaz ajralib chiqqach desorberdan erituvchi avval issiq almashtirgich orqali o'tib soviydi. So'ngra sovitgich orqali soviz, yana absorberga keladi. Shunday qilib, erituvchi suyuqlik ketma-ket bir necha marta aylanadi (sirkulatsiyalanadi). Bu usulda gazlarni etanolaming suvdagi eritmasidan foydalanib,  $H_2S$ ,  $CO_2$ ,  $SO_2$  lardan tozalanadi. Masalan, rangli metallurgiya gazlaridan  $SO_2$  ni ajratib olishda, koks gazlaridan xom benzolni, turli uglevodorodlarni ajratib olishda va boshqalar.



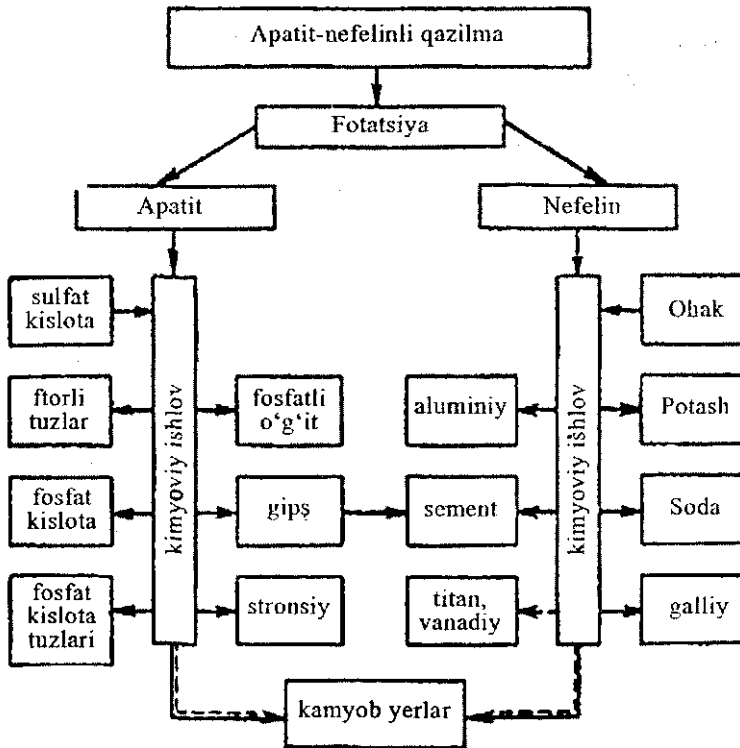
43-rasm. Adsorbsiya-desorbsiya usulida gazlarni ajratish qurilmasining sxemasi:

- 1 — absorber; 2 — sovitgich,
- 3 — issiqlik almashtirgich, 4 — desorber, 5 — isituvchi ko'ylak.

Absorpsion-desorpsion usulda aralashmalar qattiq adsorbentga yuttirib ajratiladi. Bu usul absorpsion-desorpsion usuldan adsorbentning agregat holati bilan farq qiladi.

### 3.6. Xomashyoni kompleks foydalanish va chiqindisiz texnologiya

Xomashyoni kompleks foydalanish xalq xo'jaligining eng muhim vazifalaridan biridir. XX asrdagi ilmiy-texnika revolyutsiyasi insoniyatning kam mablag' sarflab juda ko'p miqdor tabiiy resurslarni olish imkoniyatini tug'dirdi. Hozirgi davrda dunyo sanoati 25 mlrd. t. tog' jinslarini qayta ishlamoqda. Ammo, uning atigi 2 % i tayyor mahsulotga aylantirilib, qolgan 98 % dan ko'prog'i bekorchi jins sifatida tashlab yuborilmoqda. Bu holat insoniyat oldiga global muammolarni qo'ydi. Birinchi navbatda, tabiiy resurslarning tugab qolish xavfini va sanoat chiqindilarining atrof-muhitga xavfli ekologik ta'siri muammosi ko'ndalang bo'lib qoldi. Bu muammo ishlab chiqarishga chiqindisiz texnologiyani qo'llash bilan hal qilinishi mumkin. Bu esa tabiiy resurslardan va energiyadan ratsional foydalanish hamda atrof-muhitni himoya qilish imkoniyatini beradi.

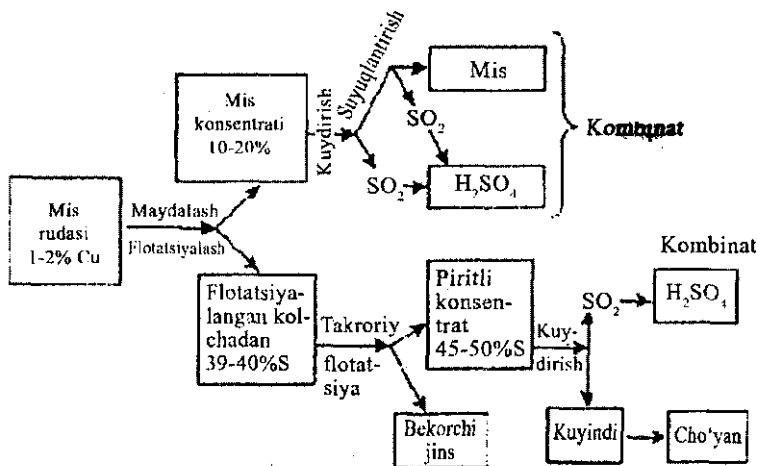


44-rasm. Apatit-nefelinli xomashyodan kompleks foydalanish.

Chiqindisiz texnologiyani amalga oshirishning asosiy yo'li xomashyoni kompleks qayta ishlash hisoblanadi. Chunki ishlab chiqarish korxonalarining chiqindisi u yoki bu sabablarga ko'ra to'liq yoki umuman foydalanilmayotgan, ammo foydalansa bo'ladigan moddalardir. Bunga apatit-nefelinli kompleks foydalanish sxemasini misol qilib ko'rsatish mumkin (44-rasm).

Xibin koni apatit-nefelinli minerali tarkibida 13 % apatit, 30-40 % nefelin, 9,4 % egirin, 2,2 % titanomagnetit, 2,5 % sfen va boshqa qo'shimchalari bor. Bu xomashyo maydalanadi, flotatsiya usulida apatitli konsentrat va nefelingga ajratiladi. Apatitni sulfat kislotali usul bilan qayta ishlanganda 90 % fosfor, 50 % fluor va fosfogipsning bir qismi foydalaniladi. Nitrat kislotali usulda siyrak yer elementlari va stronsiy ajratib olinadi. Nefelinli konsentrat aluminiy zavodlarida qayta ishlanadi. U faqat aluminiy korxonasi emas, balki bir vaqtning o'zida ham metallurgiya, ham kimyo, ham sement korxonasining xomashyosi hisoblanadi. Chunki 1 t glinozyom ( $Al_2O_3$ ) olganda qo'shimcha sifatida 0,6—0,8 t. soda, 0,2—0,3 t. potash va 9—11 t. sement olinadi.

Rangli metallurgiyada polimetall rudalarni kompleks qayta ishlash sohasida katta yutuqlarga erishildi. Masalan: qo'rg'oshin-ruxli ruda qayta ishlanib, 18 xil element ajratib olinmoqda va 40 xil tovar mahsuloti tayyorlab chiqarilmoqda. Mis rudalaridan tarkibidagi 25 elementdan 21 tasi ajratib olinmoqda. Mis kolchedanini kompleks foydalanish sxemasi 45-rasmda berilgan. Bunda mis konsentratini kuydirishda hosil bo'ladigan  $SO_2$  gazi



45-rasm. Mis kolchedanini qayta ishlash sxemasi.

(4-8 %) ushlab olinib (ilgari atmosferaga chiqarilib yuborilar edi) sulfat kislotasi olish uchun foydalanilmoqda. 1 t. mis olganda ajralib chiqqan  $\text{SO}_2$  dan 10 t. gacha sulfat kislotasi ishlab chiqarish mumkin.

Organik xomashyolarni kompleks foydalanishga ham ko'pgina misollar keltirish mumkin. Masalan, kokskimyo ishlab chiqarish korxonasini olaylik, u toshko'mirdan koks, aromatik uglevodlar, fenollar, naftalin, ammiak, piridinli asoslar, vodorod va yuzlab boshqa mahsulotlar ishlab chiqaradi.

Chiqindisiz ishlab chiqarishni tashkil qilishda bir xomashyodan foydalanuvchi bir necha ishlab chiqarish korxonalarini quramalash (kombinirlash) katta ahamiyat kasb etadi. Masalan, rangli metallurgiya sanoati bilan kimyo sanoati korxonalarini quramalash va kimyo-metallurgiya kombinatlari tashkil etish hisoblanadi.

Chiqindisiz ishlab chiqarishda, ayniqsa, qurilish korxonalarini kooperatsiyalash muhimdir. Chunki kimyo zavodlari yoki metallurgiya zavodi chiqindilari qurilish korxonalarini uchun beton to'ldiruvchisi, g'isht xomashyosi, sement xomashyosi va avtomobil yo'llari uchun mustahkam qoplamalar qilishda ishlatiladi.

### 3.7. Energiya

Kimyoviy jarayonlar energiyani yutilishi yoki chiqishi bilan boradi. Kimyoviy texnologiyada energiya, asosan, yordamchi operatsiyalarni (ishlarni): xomashyo va tayyor mahsulotlarni bir joydan ikkinchi joyga tashish, ashyolarni maydalash, bir agregat holatdan boshqa agregat holatga o'tkazish, filtrlash, sovitish yoki isitish, gazlarni siqish, tekshiruv-o'lov xizmatlarini bajarish uchun sarflanadi. Kimyo sanoati boshqa sanoat tarmoqlariga qaraganda, ko'p energiya talab qiladi. Kimyo sanoati ishlab chiqarishida energiya sarfi kilovatt soat (kilo joul) yoki tayyor mahsulot birligida uni ishlab chiqarish uchun sarflangan yoqilg'ini miqdori bilan (kvt. s/t, kj/kg, t/t,  $\text{kg/m}^3$ ) baholanadi. Masalan: sintetik ammiak 3200 kvt. s/t, aluminiiy — 19000 kvt. s/t, fosfor 16500 kvt. s/t, ammoniyli selitra — 11 kvt. s/t va hokazo.

Energiya turlari va manbalari: kimyo sanoatida turli xil: elektr, issiqlik, hidro, kimyoviy va nur energiyalaridan foydalaniladi. Bulardan eng ko'pi issiqlik energiyasi bo'lib, shartli yoqilg'iga aylantirib hisoblaganda, u 50 % ni, qovvut issiqlik sifatida 10 % ni tashkil etadi. Qolgan 40 % energiyani esa elektr energiyasi tashkil etadi. Boshqa tur energiyalarning ulushi juda kam bo'ladi.

Elektr energiyasi: elektr-kimyoviy jarayonlarni (suyuqlanma va qotilmalarni elektroliz qilish va boshqalar) amalga oshirish uchun,



elektrotermik (qizdirish uchun) va elektromagnitli (rudalarni elektromagnit usulida boyitishda) jarayonlar hamda elektr energiyasi talab qiluvchi boshqa operatsiyalar (chaglarni, tumanlarni elektrofiltrlarda cho'ktirish uglevodorodlarni elektrokrening qilish va boshqalar) uchun sarflanadi. Turli fizikaviy operatsiyalarni: maydalash, yanchish, aralashtirish, sentrifugalash, tashish, qadoqlash, ventilatorlarni, kompressorlarni ishlatish uchun va boshqalarni amalga oshirish uchun sarflanadi. Elektr energiyasi, asosan, issiqlik elektrostansiyalari (IES), gidroelektrostansiyalari (GES) va atom elektrostansiyalarida (AES) hosil qilinadi.

Issiqlik energiyasi sanoatda reaksiyaga kirishuvchi reagentlarni qizdirish uchun ishlatiladi. Yana u har xil texnologik operatsiyalarni bajarishda (qurilish, bug'latish, suyuqlantirish, distillash va boshqalar) foydalaniladi. Ko'pgina ishlab chiqarishlarda (masalan, sement, shisha, keramik buyumlar va boshqalar) issiqlik energiyasining manbai sifatida qattiq, suyuq va gazsimon yoqilg'ilarni yonishidan hosil bo'lgan gazlar ishlatiladi. Ko'pgina kimyoviy korxonalar, ayrim sexlar issiqlik energiyasini issiq suv va bug' shaklida oladi. Ular maxsus bug' qozon qurilmalari yoki IES larida hosil qilinadi.

Yadro energiyasi bevosita radiatsion kimyoviy jarayonlarni o'tkazishda foydalaniladi. Bunda radioaktiv nurlantirish ( $\gamma$  va  $\nu$  — nurlar, yoki neytronlar bilan) orqali polimerlanish reaksiyalarini amalga oshirish, polimerdan yasalgan buyumlarning mustahkamligini oshirish, qotirish, fenol, onilin va boshqa mahsulotlarni sintezlash kabi jarayonlarda amalga oshiriladi. Ammo, yadro energiyasi, asosan elektr energiyasi olish uchun foydalaniladi. Hozirgi paytda dunyoda 300 dan ortiq AES lar bo'lib, ularda 8 % energiya hosil qilinadi.

Kimyoviy energiya ekzotermik reaksiyalar paytida ajralib chiqadi. Bu energiyadan issiq suv yoki bug' hosil qilish uchun yoki dastlabki materiallarni taxminiy qizdirish uchun foydalaniladi. Ba'zan, elektr energiyasiga aylantirishda (galvanik elementlarda va akkumulatorlarda) ham ishlatiladi. Energiyaning bu turidan keng foydalanish yirik ishlab chiqarish korxonalarida juda katta iqtisodiy samara beradi. Masalan: ayrim ishlab chiqarishlarda (sulfat kislota va ammiak va boshqalarda) ular ehtiyoji uchun talab qilinadigan energiya to'liq kimyoviy energiya hisobiga qoplanadi. Hatto, ba'zan ortib ham qoladi. Ortiq energiya esa boshqa korxonalar talabini qondirish uchun issiq suv yoki bug' ko'rinishida ularga yuboriladi. Masalan: sulfat kislota ishlab chiqarish korxonasini (1 t.  $H_2SO_4$  ishlab chiqarganda) energiya bilan to'la ta'minlash uchun 0.36 MJ (mega-joul) energiya talab qilinadi. 1 t. sulfat kislota ishlab chiqarganda ajralib

chiqadigan kimyoviy energiya esa 5 MJ ni tashkil etadi. Talabni qondirish uchun bu energiyaning atigi 7 % i kifoya qiladi.

Nur energiyasi, elektr energiyasiga aylantirilib beruvchi fotoelektrik qurilma texnologik jarayonlarni avtomatik nazorat qilish va boshqarishda: binolarni isitishda va kosmik texnikani energiya bilan ta'minlashda qo'llaniladi. Quyosh energiyasidan foydalanishning fotokimyoviy usullari ishlab chiqilmoqda. Masalan: suvni fotokimyoviy parchalash va undan vodorod, kislorod ajratib olish usuli kabilardir.

## IV bob. S U V

### 4.1. Kimyo sanoatida suv

Suv sayyoramiz yuzasining 70 % ini tashkil etadi. Uning umumiy hajmi 1 mlrd. 345 mln km<sup>3</sup> (1m<sup>3</sup> 1 mlrd. tonnaga teng). Shundan 1mlrd 137 mln. km<sup>3</sup> yoki 94,1 % i sho'r, ichishga yaroqsiz suv bo'lib, dengiz va okeanlarda to'plangan. Muzliklardagi (quruqlikning 11 % i muzliklardan iborat) suv 24 mln. km<sup>3</sup> yoki 1,6 % dir. Ko'l va daryolar suvi 231,2 ming km<sup>3</sup>, atmosfera suvlari 14 ming km<sup>3</sup>, yerosti suvlari 75 ming km<sup>3</sup>. Yerda ichishga yaroqli suv miqdori 4 — 5 mln. km<sup>3</sup> yoki 0,3 % dir. Muzliklardagi suvni ham qo'shib hisoblaganda 2 % ga yaqin. Hozirgi kunda Yer shari aholisining 1/3 qismida ichimlik suvi tanqis bo'lib turibdi.

Suv xalq xo'jaligining barcha sohalarida, jumladan, kimyo sanoatida ham keng qo'llaniladi. Buning sababi suvda ko'pgina foydali xossalalar (universal erituvchi ekanligi, rangsiz, hidsiz, ta'amsiz, zaharsizligi, issiqlik sig'imining kattaligi va boshqalar) borligidandir. Suv kimyo sanoatida turli maqsadlarda ishlatiladi. Masalan: erituvchi sifatida yuvish ishlarida, ashyolarni flotatsiyalashda, isitish, sovitish maqsadlarida, issiq almashtirish jarayonlarida, hatto xomashyo, reagent sifatida (masalan: sulfat, nitrat fosfat, kislotalarini, ishqor va asoslarni ishlab chiqarishda, vodorod olishda, gidroliz va gidratlash reaksiyalarida va boshqalarda) ishlatiladi.

Suvning eng yirik iste'molchilaridan biri kimyo sanoatidir. Shuning uchun ham kimyo korxonalarida suv manbalariga yaqin joylarda quriladi. Masalan: ayrim kimyoviy mahsulotlarni 1 tonnasini ishlab chiqarish uchun quyidagicha suv sarflanadi: aluminiy 1500, po'lat 270, nikel 400, viskoza ipagi 1200, sintetik kauchuk 1600, kapron 2500, nitrat kislota 200, sulfat kislota 50, ammiak 1000, fosfor 15 m<sup>3</sup>/t, faqat bitta kapron zavodi 120 ming kishi yashaydigan shahar ta'minotiga sarflanadigan suvga teng miqdorda suv sarflaydi.

Hozirgi paytda ishlab chiqarish ehtiyoji uchun chuchuk suvning umumiy miqdoridan 40 % ga yaqini sarflanmoqda. Shuning uchun ham yer sharining ba'zi joylarida ichimlik suvi tanqisligi kuzatilmoqda. Buni oldini olish, kimyo korxonalariga suv sarfiyotini kamaytirish uchun ishlab chiqarishni yopiq sistemaga o'tkazish, ishlatilgan suvni oqizib yubormay, tozalab qayta ishlatish. Ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirish, suvdan kam foydalanuvchi texnologiya yaratish, suv bilan sovitish sistemalarini havoda sovitish sistemalariga o'tkazish lozim.

Tabiiy suvlar kelib chiqishiga qarab uch qismga bo'linadi:

1. Atmosfera suvlari.

2. Yerusti suvlari (daryo, ko'l, dengiz va okean suvlari).

3. Yerosti suvlari.

*Atmosfera suvlari* – yomg'ir va qor suvlari bo'lib, tarkibida begona aralashmalari kamligi bilan xarakterlanadi. Uning tarkibida tuzlar bo'lmaydi. Asosan, suvda erigan gazlar ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ , azot oksidlari, oltinugurtning kislorodli birikmalari organik moddalar) bo'ladi.

*Yerusti suvlari* – daryo, ko'l, dengiz, okean suvlari bo'lib tarkibida D.I. Mendeleev davriy sistemasidagi barcha elementlarni uchratish mumkin. Dunyo okeani suvida  $5-10^{16}$  t tuz erigan holda bo'ladi. Agar buncha tuzni yer shari yuzasiga bir tekisda yozib chiqilsa, 45 m qalinlikda tuz qatlami bilan qoplangan bo'lar edi. Dengiz va okean suvlarida  $23-15^{15}$  t Cl,  $83-10^{12}$  t Br,  $8-10^9$  t I,  $16-10^{14}$  t Mg,  $48-0^{13}$  t K,  $1-10^{10}$  t Au,  $28-10^8$  t Li, bor. 800 mln tonna molibden, 300 mlrd t toriy, 20 ming t radiy, 164 mln t kumush bor. Shuning uchun ham keyingi yillarda dengiz va okean suvlaridan turli elementlar, tuzlar ajratib olinmoqda. Hozirgi kunda kimyo sanoati har yili dengiz suvlaridan 200 mln t dan ko'proq osh tuzi olinmoqda. Bundan tashqari ko'plab boshqa elementlar: kaliy, magniy, brom, uran, oltin, temir rudasi, qalay va boshqalar ajratib olinmoqda. (1990-yilda dengiz suvidan 2250 t uran ajratib olindi.)

*Yerosti suvlari* – artezian, buloq, quduq suvlari bo'lib, uning tarkibi, u suv to'plagan yoki chiqayotgan joyning tuprog'i va tog' jinslarining tarkibi tuzilishiga bog'liq bo'ladi. U suv tuproq qatlamlaridan filtrlanib o'tganligi tufayli juda tiniq bo'ladi. Tarkibida organik moddalarning qoldiqlari uchramaydi. Kimyo sanoati uchun yirik xomashyo manbasi bo'lgan minerallashgan yerosti suvlaridan turli kimyoviy birikmalar ajratib olinadi. Masalan: osh tuzi va undan soda ishqor olinadi. Yana brom va yod hamda ularning turli birikmalari ajratib olinadi.

Suv tarkibidagi barcha begona aralashmalar disperslik darajasiga qarab uchga bo'linadi:

1. Dag'al dispers aralashmalar, zarrachalarning diametri 100 nm. dan katta.

2. Kolloid dispers aralashmalar, zarrachalarning diametri 1-100 nm. gacha.

3. Molekular dispers yoki chin eritmalar.

Dag'al dispers va kolloid aralashmalar mineral yoki organik moddalar bo'lib, ular asosan turli alumosilikatlar, silikatlar, gidratlangan silikat kislota, ishqoriy yer metall karbonatlari, metallarning asosiy tuzlari (asosan, temirning tuzi), o'simliklarning parchalanish mahsulotlari, planktonlar va boshqalardan iborat bo'ladi.

Suvlar ishlatilish sohasiga qarab, sanoat va ichimlik suvlariga bo'linadi.

Ichimlik suvlariga alohida talablar qo'yiladi (bakteriyalar bilan ifloslanganlik darajasi, ta'mi, hidi, rangi). Masalan: umumiy bakteriyalar miqdori 1 ml. suvda 100 tadan oshmasligi kerak. Shundan ichak tayoqchasi 1 l. suvda uchtadan ko'p bo'lmasligi kerak. Umumiy tuzlar miqdori 1000 mg/l. dan oshmasligi talab qilinadi.

Sanoat suvlariga bakteriyalar bilan ifloslanganligi (oziq-ovqat va ba'zi biokimyoviy sanoat tarmoqlaridan tashqari) muhim ahamiyatga ega emas. Begona qo'shimchalarning chegaraviy miqdori ishlab chiqarishning xarakteriga qarab turlicha bo'ladi.

Suvning sifati: tiniqligi, tozaligi, rangi, hidi, harorati, umumiy tuz miqdori, qattiqligi, oksidlanishi va reaksiyasi kabi fizik, kimyoviy xossalari bilan aniqlanadi.

Suvning tiniqligi uning qanchalik qalinlik qatlamida chillik yoki biror harf tasvirini vizual yoki fotoelement yordamida ko'rib uni farqlash orqali aniqlanadi. Suvning tiniqligi unda dag'al dispers mexanik va kolloid zarrachalarning borligi va ularning miqdoriga bog'liq bo'ladi. Bu aralashmalar suv o'tkazish quvurlarini, uskunalarni ichiga cho'kib, uni tiqilib qolishiga, natijada mehnat unumdorligi kamayishiga yoki avariyalarga olib keladi, suvni ko'piklatib yuborishga, elektrolizyorfarning diafragmasini ifloslashga olib keladi.

Suvning tozaligi uning tarkibidagi har qanday begona aralashmaning soni va miqdori bilan xarakterlanadi. Ular qanchalik kam bo'lsa, shunchalik toza hisoblanadi. Suvning tozaligi inson sog'lig'i uchun muhim omil bo'lib, yechimini talab qilinadigan aktual muammo hisoblanadi.

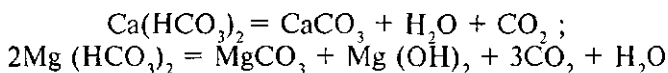
Umumiy tuz miqdori suv tarkibida mineral va organik aralashmalarining borligi bilan xarakterlanadi. Uni aniqlash uchun 1 l suvni bug'lantirilganda qolgan qoldiq o'zgarmas massaga kelguncha 110° C haroratda qizdiriladi. Hosil bo'lgan massa umumiy tuz miqdori bo'lib, u mg/l bilan o'lchanadi. Umumiy tuz miqdori bug'languncha qattiq qizdirilib, sovigach o'lchanadi, massalar orasidagi farqdan organik aralashma miqdori ham aniqlanadi.

Suvning oksidlanishi uning tarkibida organik qo'shimchalarning borligi bilan xarakterlanadi. Suvning oksidlanishi, 1 l suvni oksidlash uchun sarflangan  $\text{KMnO}_4$  ning mg miqdori bilan aniqlanadi. Buning uchun 1 l suv olinib, ortiqcha  $\text{KMnO}_4$  bilan 10 minut davomida qaynatiladi.

Suvning reaksiyasi uning muhim – kislotalilik yoki ishqoriylik darajasi vodorod ionlarining konsentratsiyasi, ya'ni pH bilan xarakterlanadi. pH indikatorlar yordamida aniqlanadi. Agar pH 6,5 – 7,5 oralig'ida bo'lsa, muhit neytral, pH 6,5 bo'lsa, muhit kislotali va pH 7,5 bo'lsa, muhit ishqoriy bo'ladi. Tabiiy suvning muhiti neytralga yaqin bo'ladi.

Suvning qattiqligi uning tarkibidagi kalsiy va magniy tuzlarining miqdori bilan xarakterlanadi. Qattiqlik 1 l (1 dm<sup>3</sup>) suvda bo'lgan Ca<sup>2+</sup> yoki Mg<sup>2+</sup> ionlarining milligramm ekvivalent miqdori bilan xarakterlanadi. Qattiqlik birligi qilib 20,04 mg/l Ca<sup>2+</sup> ionlari yoki 12,16 mg/l Mg<sup>2+</sup> ionlari qabul qilingan, ya'ni 1 l suvda 20,04 mg/l Ca<sup>2+</sup> ionlari yoki 12,16 mg/l Mg<sup>2+</sup> ionlari bo'lsa, bunday suvning qattiqligi 1mg/ekv. ga teng bo'ladi.

Suvning qattiqligi uchga: muvaqqat, doimiy va umumiy qattiqlikka bo'linadi. Muvaqqat (karbonatli) qattiqlik suvda kalsiy va magniy gidrokarbonatlarning borligi bilan xarakterlanadi. Suv qaynatilganda ular suvda erimaydigan karbonatlarga aylanib cho'kmaga tushadi. Natijada suv yumshaydi.



Doimiy (karbonatsiz) qattiqlik suvda kalsiy va magniyning gidrokarbonatlaridan boshqa barcha tuzlarining borligi bilan xarakterlanadi. Ular suv qaynatilganda cho'kmaga tushmaydi.

Muvaqqat va doimiy qattiqlik birgalikda umumiy qattiqlikni hosil qiladi.

Tabiiy suv qattiqligiga qarab quyidagi sinflarga bo'linadi:

Suvning qattiqlik darajasi: 1 l suvda Ca<sup>2+</sup> va Mg<sup>2+</sup> ionlarining mg. ekv. miqdori

Juda yumshoq 0 – 1,5; yumshoq 1,5 – 3; o'rtacha qattiq 3 – 6; qattiq 6 – 10; juda qattiq 10.

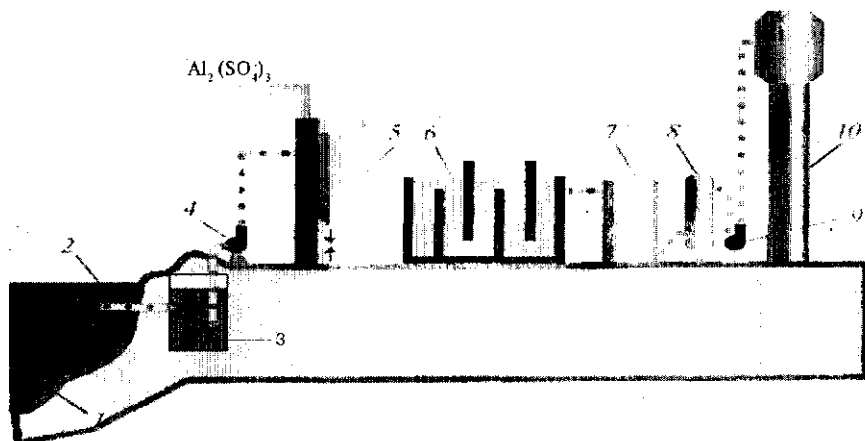
Suvning qattiqligi juda muhim ko'rsatkich bo'lib, suv qizdirilganda kalsiy va magniy karbonatlari cho'kib, idish devorlarida cho'kindi (qasmoq) hosil qiladi. Kalsiy va magniy sulfatlari esa suv qaynatilganda cho'kmaga tushmaydi, ammo suvda eruvchanligi kam bo'lganligidan suv bug'langanda o'ta to'yingan eritmaga aylanib, idish devorlariga qattiq qatlam hosil qilib cho'kadi. U cho'kma issiqlikni yomon o'tkazganligidan (masalan, bug' qozonlarida 1 mm. qalinlikdagi qasmoq cho'kindi yoqilg'i sarfini 5 % gacha oshiradi) bug' qozonlarida va issiq almashtirgichlarda unumdorlikni keskin kamaytirib yuboradi. Undan tashqari bug' qozonlarning devori qattiq qizib ketadi, natijada po'lat oksidlanib o'z mustahkamligini yo'qotadi, kuyib teshiladi, hatto portlab ketadi. Qattiq suv ko'pgina texnologik jarayonlar uchun yaroqsiz hisoblanadi. Masalan: eritmalarni elektroliz qilishda sodani ammiakli (Solve) usulida olishda, to'qimachilik, oziq-ovqat sanoatlari va boshqalarda.

Tabiiy suvni tozalamay foydalanib bo'lmaydi. Suv manbalaridan keladigan suvning sifatini yaxshilash suvni tayyorlash deyiladi. Suvni

tayyorlash bu suvning tarkibidagi begona aralashmalardan tozalash uchun kompleks operatsiyalarni qo'llashdan iboratdir.

## 4.2. Ichimlik suvini tayyorlash

Ichimlik suviga alohida talablar qo'yiladi: u toza, tiniq, rangsiz, hidsiz, kimyoviy va bakteriyalar bilan ifloslanmagan bo'lishi kerak, ya'ni ichimlik suvi Davlat standarti talablariga javob berishi kerak. Davlat standartiga binoan ichimlik suvining 1 ml da bakteriyalarning umumiy soni 100 ta dan, ichak tayoqchasining miqdori 1 l suvda uchtdan ortiq bo'lmasligi kerak. Daryo va ko'l suvlari, odatda bu talablarga javob bermaydi, shuning uchun ham ichimlik suvini vodoprovod tarmog'iga berishdan ilgari suv tozalash stansiyalarida tozalanadi. Ichimlik suvini tayyorlash to'rt bosqichli: tindirish, koagulyatsiyalash, filtrlash va zararsizlantirish kabi jarayonlardan iboratdir. Ichimlik suvini tayyorlashning asosiy sxemasi 46-rasmda berilgan.



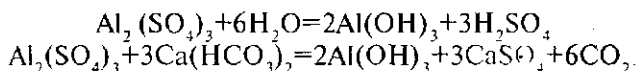
46-rasm. Ichimlik suvini tayyorlash sxemasi:

1 — suv manbai, 2 — suv olish joyi, 3 — dag'al tindirgich, 4 — birinchi ko'tarib beruvchi nasos, 6 — tindirgich, 7 — filtr, 8 — xlorator, 9 — ikkinchi ko'tarib beruvchi nasos, 10 — suv bosimining minorasi.

Tozalash uchun suv havzadan ko'pincha oraliq quduq dag'al tindirgich orqali olinadi. Unga suv o'z oqimi bilan keladi. Dag'al tindirgichga suv sekin oqib kiradi va unda tiniq dag'al dispers zarrachalardan tozalanadi. Suv olish qurilmasi himoya to'ri bilan jihozlangan bo'lib, yirik narsalarning, shu jumladan baliqlarning qurilmaga tushishini oldini oladi. Suvdagi yengil muallaq zarrachalar juda sekin cho'kadi. Kolloid zarrachalar tuproq, silikat kislotalari, gumin kislotalari va boshqalar esa filtrlash va cho'ktirish

usullari bilan ajralmaydi. Shuning uchun suv havzadan yoki tindirgichdan birinchi ko'targich nasos yordamida aralastirgichga koagulyatsiya ko'tarib beradi. Koagulyatorga elektrolitlar –  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Fe_2(SO_4)_3$  yoki boshqa birikmalarning eritmaları koagulyantlar ham quyiladi. Aralastirgichda koagulyatsiya jarayoni boradi. Koagulyatsiya bu – geterogen sistemalarni ajratishning eng samarali usulidir. Bu jarayonning fizik-kimyoviy mohiyatini soddaroq qilib quyidagicha bayon etishi mumkin. Elektrolit juda suyultirilgan eritmalaridan musbat zaryadlangan zarrachalar hosil qilib gidrolizlanadi. Bu zarrachalar manfiy zaryadli kolloid zarrachalarning yuzasiga adsorblanib, uni neytrallaydi. Natijada zaryadsizlangan kolloid zarrachalar bir-biriga yopishib, yiriklashadi va cho'kadi. Koagulyant ioni zaryadi ( $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ) qanchalik katta bo'lsa koagulyatsiyalash uchun shunchalik kam elektrolit sarflanadi. Bir vaqtning o'zida  $Al_2(SO_4)_3$  muvaqqat qattiqligini ham ancha kamaytiradi.

Aralastirgichda quyidagi reaksiyalar boradi:



Koagulyatsiya jarayonida hosil bo'lgan keng yuzali iviqsimon cho'kma sekinlik bilan cho'ka boshlaydi va yengil muallaq zarrachalarni o'ziga yopishtirib oladi hamda organik bo'yoq moddalarini ham adsorbsiyalab cho'kadi, natijada suv tiniq bo'lib qoladi.

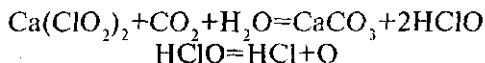
Koagulyant sarfi suvning ifloslanganlik darajasi bilan belgilanadi: bahor paytlarida  $Al_2(SO_4)_3$  dan  $120 \text{ g/m}^3$ , yoz davrida  $70 \text{ g/m}^3$ , qishda esa  $20 \text{ g/m}^3$  sarflanadi. Koagulyatsiya jarayonini tezlashtirish uchun ko'pincha iviqsimon cho'kinmalarining hosil bo'lishi va uni cho'kishini tezlatuvchi qo'shimcha reagentlar-flokulyantlar ishlatiladi. Flokulyant sifatida: aktivlangan silikat kislotasi, karboksimetil-selluloza, olein kislotasining natriyli tuzi, sintetik polimer materiallar poliakrilamid, polietilenimin va boshqalardan foydalaniladi. Ayniqsa, loyqa suvlarda flokulyantni qo'llash katta samara beradi. Agar suvdagi loyqa miqdoriga nisbatan 1% poliakrilamid qo'shilganda koagulyat qo'shish miqdori 2–3 marta kamayadi, iviqsimon cho'kmaning cho'kish tezligi 10–20 martagacha tezlashadi.

Suv aralastirgichdan tindirgichga (6) o'tadi, u yerda koagulyatsiya flokulyatsiya tugaydi va suvdagi aralashgan zarrachalar cho'kadi. Tindirgichlar katta sig'imli betondan qilingan hovuz bo'lib, suvni tindirgichda uzoqroq muddat bo'lishini ta'minlash uchun unda to'siqlar o'rnatilgan. Ammo suvning to'liq tiniqlashuviga ochiq turdagi qum filtr (7) orqali filtrlangach erishiladi.



Suv qalinligi 2 m gacha bo'ladibosim 0,1 m/s. tezlikda filtrlanadi. Filtrlovchi material sifatida bir qavat graviy va uning ustida bir qavat zarrachalarining kattaligi 0,5 — 1 mm. bo'lgan I m qalinlikdagi qumdan/kvars qumi foydalaniladi. Suvning loyqalari qum yuzasida o'tirib qolib filtrlovchi yupqa parda hosil qiladi. Vaqt o'tishi bilan bu parda qalinlashadi, natijada suvning tozalanish darajasi ortadi, ammo filtrlanish tezligi kamayadi. So'ngra u filtr tozalanish uchun to'xtatiladi va filtrlash boshqasida davom ettiriladi. Odatda, filtrlardan bir nechta bo'ladi.

Koagulyatsiya, cho'ktirish, filtrlashlar nafaqat suvni begona aralashmalardan tozalaydi, tiniq qiladi, balki 70—80 % gacha mikroblardan ham tozalaydi. Ko'pchilik hollarda tozalanган suvda mikroblar miqdori normadan ko'p bo'ladi, shuning uchun filtrdan chiqqan suv zararsizlantirish uchun 8-uskunaga yuboriladi. Zararsizlantirish — suvdagi bo'lgan mikroorganizmlar va bakteriyalarni: xlrlash, ozonlash, qaynatish va boshqa yo'llar bilan yo'qotishdir. Suv xlrlash uchun toza xlor yoki kalsiy gipoxloritdan foydalaniladi. Suvni kalsiy gipoxlorit bilan ishlov berilganda atomar kislorod (kuchli oksidlovchi) hosil bo'lib, u mikroorganizmlarni o'ldiradi va organik qoldiqlarni oksidlaydi.



Suv xlrlanganda ortiqcha xlor, suvga ammiak yoki natriy sulfit qo'shish yo'li bilan yo'qotiladi. Suvdagi qolgan xlorning miqdori 0,2 — 0,4 mg/l dan oshmasligi kerak. Keyingi yillarda suvni ozon bilan zararsizlantirilmoqda. Bunda ozon parchalanib atomar holdagi kislorod hosil qiladi. Bunday suv xlrlangan suvdan farq qilib, xlor hidiga ega emas. Zararsizlantirish so'nggi yillarda suvni florlash 1 mg/l. gacha flor,  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  birikmasi shaklida suvga solinadi, bu bir vaqtning o'zida kishilarning tishini yemirilishdan ham himoya qiladi, ultrabinafsha nuri bilan nurlantirish, ultratovush to'lqinlari bilan ishlov berish, kumush ionlari bilan ishlov berish orqali ham amalga oshirilmoqda.

Suv zararsizlantirilgach ichishga yaroqli bo'lib, ikkinchi ko'tarib berish nasosi (9) yordamida bosim hosil qilish minorasiga (10) ko'tarib beriladi. Qaysikim, u minora vodoprovodlarda suvning doimiy bosimini ta'minlab turadi.

### 4.3. Sanoat suvlarini tayyorlash

Sanoat suvlari uchun ham begona aralashmalarining miqdori normadan yuqori bo'lmasligi kerak va bu norma suvning qaysi tarmog'ida ishlatilishiga qarab turlicha bo'ladi. Masalan, to'g'ri oqimli bug' qozonlari uchun ishlatiladigan

suv tarkibida qozon quvurlarini korroziyaga uchratuvchi CO<sub>2</sub> va O<sub>2</sub> bo'lmisligi va quruq qoldiq miqdori 0,2 — 0,3 mg/l dan oshmasligi kerak.

Qozonlarda bug' bosimining ortishi ham suvning tozaligiga bo'lgan talabni kuchaytiradi. Masalan, 1 MPa bosimda qattiqligi 0,36 mg/ekv bo'lgan suvni ishlatish mumkin bo'lsa, 6 MPa bosimda esa suvning qattiqligi 0,01 mg/ekv. dan oshmasligi kerak. 10 MPa bosimda esa to'liq tuzsizlantirilgan va kislorodi mutlaqo bo'lmagan suv ishlatiladi.

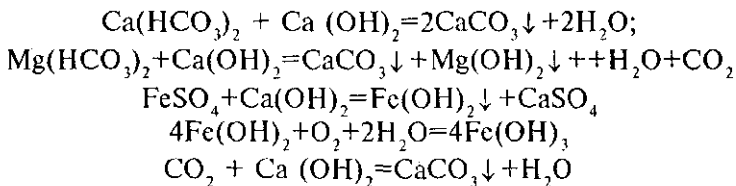
Sanoat suvlarini tayyorlash quyidagi operatsiyalar: koagulyatsiya tindirish va filtrlash, yumshatish, tuzsizlash, distillash va deaeratsiyalash orqali amalga oshiriladi. Koagulyatsiya, tindirish va filtrlash jarayonlari ichimlik suvini tayyorlashdagidek bajariladi. Yumshatish bu suv tarkibidagi qasmoq cho'kindi hosil qiluvchi kationlarni Ca<sup>2+</sup> va Mg<sup>2+</sup> qisman yoki to'liq yo'qotish orqali amalga oshiriladi.

Suvni yumshatish uch xil: 1) fizikaviy; 2) kimyoviy; 3) fizik-kimyoviy usullar bilan amalga oshiriladi.

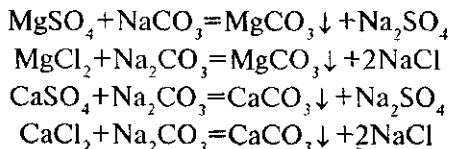
Fizik usul, bu suvni qaynatish, distillash va muzlatishga asoslangan. Suv qaynatilganda muvaqqat qattqlik yo'qolishi yuqorida bayon qilingan edi. Distillash va muzlatish orqali ham suv tuzsizlanadi. Distillash bu suvni qaynatib, bug'ini kondensatsiyalab ajratib olishga asoslangan.

Suvni yumshatishning kimyoviy usuli, kimyoviy reagentlar ta'sirida va ionlarni bog'lab ajratishga asoslangan. Kimyoviy yumshatishning bir necha ohakli, sodali, natronli, fosfatli usullari bor.

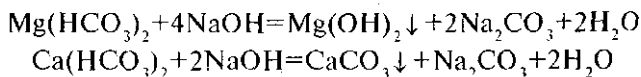
Ohakli usulda suvga so'ndirilgan ohak ta'sir etiladi. Bunda muvaqqat qattqlik yo'qoladi, temir ionlari va CO<sub>2</sub> ni bog'lab ajratib olinadi.



Sodali usulda suvga kalsinatsiyalangan soda qo'shib **doimiy qattqlik** yo'qotiladi.

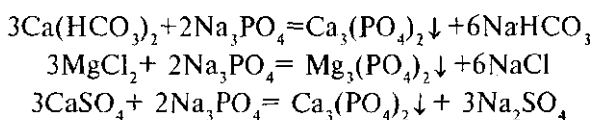


Natron usuli ba'zan qo'llanilib, unda suvga o'yuvchi natriy ta'sir ettirilib muvaqqat qattiqlik yo'qotiladi.



Reaksiya natijasida hosil bo'lgan suvning doimiy qattiqligini yo'qotishda ishtirok etadi (sodali usulga qarang).

Fosfatli usulda natriy fosfat bilan ham muvaqqat, ham doimiy qattiqlik yo'qotiladi.

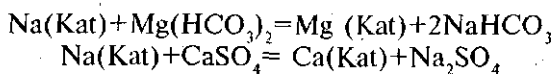


Kalsiy va magniy fosfatlarning eruvchanligi juda kamligi sababli bu usulda qattiqlik to'la 0.03 g — ekv/l gacha yo'qotiladi. Ammo yuqoridagi boshqa usullardan ko'ra qimmatga tushadi. Ohakli sodali usullarda suv dag'al yumshaydi. (0.3 g — ekv/l gacha.)

Amaliyotda suvning qattiqligi avval arzon reagentlar yordamida, masalan,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  bilan, so'ngra qattiqlikni to'liqroq yo'qotish uchun  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  dan foydalaniladi.

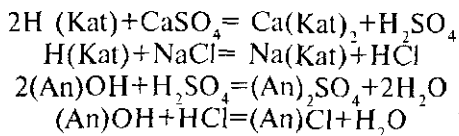
Keyingi yillarda o'zining oddiyligi, yuqori samaradorligi va iqtisodiy arzonligi sababli fizik-kimyoviy, ya'ni ion almashinishi usuli keng qo'llanilmoqda. Ion almashinish usuli bilan suvni yumshatish, suvdagi  $\text{Ca}^{2+}$  va  $\text{Mg}^{2+}$  ionlarini o'z kationlariga almashtirish xossasiga ega bo'lgan kationitlar yordamida qattiqlikni yo'qotishga asoslangan. Shunday xossaga ega bo'lgan birikmalarini ionitlar deyilib, ular kationit va anionitlarga bo'linadi. Kationitlar tarkibida odatda, harakatchan natriy kationiti yoki vodorod kationiti saqlaydi. Anionitlar esa harakatchan gidroksil ( $\text{OH}$ -anionit) guruh saqlaydi. Natriy kationit sifatida turli xildagi alumo-silikatlar: gloukonit, seolit, permutit va boshqalar, H- kationiti sifatida esa, sulurlangan ko'mir sintetik sxemalardan foydalaniladi. OH-anionitlar sifatida yuqori molekular moddalar, masalan, karbomidli smolalar ishlatiladi.

Suvni Na-kationit bilan yumshatish reaksiyasi tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:



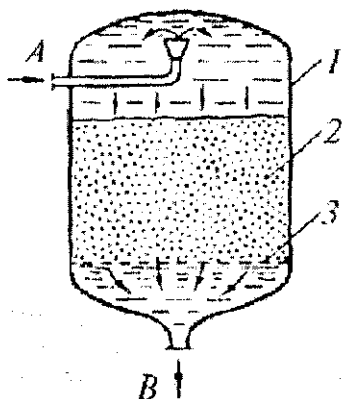
Bunda (Kat) – kationitning almashinishi reaksiyasida ishtirok etmaydigan qismi.

Suvdagi barcha tuzlarni yo'qotish (tuzsizlash) uchun, suv navbat bilan avval H-kationitdan, so'ngra OH-anionitdan o'tkaziladi:



Ion almashinish reaksiyasi qaytar bo'lib, ionitning ion almashinish xossasini qayta tiklash mumkin. Buning uchun ion regeneratsiyalanadi. Natriy kationitni osh tuzining eritmasi bilan, vodorod kationitni mineral kislotalarning eritmasi bilan regeneratsiyalanadi. Anionitlar esa ishqor eritmasi bilan regeneratsiyalanadi. Ionit filtrining tuzilishi 47-rasmda berilgan.

U po'latdan yasalgan silindrsimon korpus bo'lib tepasi gumbazsimon bekilgan, ostidan suv chiqadigan teshigi, tepasiga yaqin joyida, yon tomonida suv kiradigan quvuri bo'ladi. Uning ichiga ostki qismida metall



47-rasm. Kationit filtrining tuzilishi:

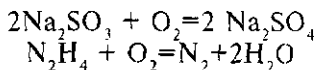
- 1 – korpus; 2 – kationit qavati;
- 3 – qalpoqchali panjara;

A – suv yoki regeneratsiyalanadigan eritmaning chiqishi.

B – suv regeneratsiyalangan eritmaning chiqishi.

chambara (to'r) o'rnatilgan bo'lib, uning ustiga 2 – 4 m qalinlikda ionit donachalari (sharchalar shaklida) solingan bo'ladi. Suv filtrning tepasidan kirib, ionit orqali tozalanib o'tadi va filtrning ostki qismidan chiqarib olinadi. Regeneratsiyalashda esa tepa qismidan osh tuzi, ishqor yoki kislota kiradi va ionit orqali o'tib, uni regeneratsiyalaydi va ostidan chiqarib olinadi. Deaeratsiyalash bu suv tarkibida bo'lgan gazlarda suvlarni tozalash bo'lib, ikki xil fizik va kimyoviy usullar yordamida amalga oshiriladi. Fizikaviy usulda suv qaynatiladi, natijada suvda erigan gazlar ( $CO_2$  va  $O_2$ ) ajralib chiqadi. Suv deaeratsiyalanadi. Kimyoviy deaeratsiyada suvga  $CO_2$  va  $O_2$  ni biriktirib oluvchi reagentlar qo'shiladi. Suvni kimyoviy usulda yumshatilganda suv

CO<sub>2</sub> dan tozalanadi. Suvdagi kislorod esa kuchli qaytaruvchilar (Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> – gidrozin) qo‘shish orqali biriktirib olinadi.



### Sanoatda suv sarfini kamaytirish yo‘llari

Har yili sayyoramizdagi mavjud daryolarda oqqan suvning barchasini birgalikda qo‘shib hisoblaganda, uning 600 — 700 km<sup>3</sup> i yoki 9% i sanoat va maishiy ehtiyojlar uchun sarflanadi. Shundan 150 km<sup>3</sup> qaytmas holda sarflanib, 500 km<sup>3</sup> ga yaqini esa toza suv bilan aralashtirilib (suyultirilib), yana daryo, ko‘l va dengizlarga quyiladi. Suyultirish uchun dunyodagi daryolarning 40% ga yaqin suvi sarflanadi. Shuning uchun insoniyat oldida dunyoda suvning tugash xavfi emas, balki ichishga yaroqli bo‘lgan toza, sifatli chuchuk suvning tugab qolish muammosi turibdi. Bunday suv resurslaridan ratsional foydalanish kabi murakkab vazifani hal qilish uchun ishlab chiqarishning ilmiy asoslangan suv sarfiyoti normasi hamda har bir jarayon uchun eng kam toza suvni sarflashni nazarda tutuvchi yangicha texnologik sxemalarni yaratish, hamda ifloslangan suvni chiqarib tashlamaydigan yopiq sistemalarni joriy qilish zarur. Ishlatiladigan suvni tozalash katta iqtisodiy chiqimlar bilan bog‘liq. Korxonani suv bilan ta‘minlashning murakkab sistemasi va korxonadan chiqqan chiqindi suvni tozalash qurilmalarini barpo etish kabi ishlab chiqariladigan mahsulot tannarxini oshirishga olib keladi. Masalan, suvni filtrlashning o‘zi toza daryo suviga nisbatan uning tannarxini 1,5 martaga oshiradi. Qisman suvni yumshatish esa 8 marta, suvni tuzsizlantirish, to‘liq yumshatish esa 10-11 martagacha oshiradi. Kimyo korxonasining juda katta mablag‘i suv tozalash qurilmalarini qurish uchun (korxonada umumiy kapital mablag‘ining 10-15% dan ko‘prog‘i) sarflanadi. Kimyo korxonalarida suv sarfini kamaytirish uch yo‘nalish orqali amalga oshirilishi mumkin. 1. Ishlatilgan suvni yana qayta-qayta ishlatish. 2. Suv sovitgichlarni havo sovitgichlariga almashtirish. 3. Oqova suvlarni tozalash va qayta ishlatish.

Sanoatda foydalaniladigan suvning 45 % gacha miqdori issiq almashtirgichlarda sovitish maqsadida ishlatiladi. Bu suv u qadar ko‘p ifloslanmaydi va ko‘p martalab qayta ishlatilishi mumkin. Buning uchun har gal ishlatishdan oldin gradirlarda (issiq suvni yuqoridan sachratish orqali sovitadigan minorasimon qurilma) va suvni sachratib, sovitish havzalarida (bunda maxsus quvurlar orqali issiq suv yuqoridan ochiq hovuzlarga, dushdan suv oqqanidek sachratish yo‘li bilan) sovitiladi.

Ishlatilgan suv neftni qayta ishlash sanoatida keng qo'llaniladi. Masalan, 1965 — 1970-yillarda 1 t neftni qayta ishlash uchun 10 m<sup>3</sup> suv sarflanar edi. Hozirgi paytda esa faqat 1,15 — 1,18 m<sup>3</sup> suv sarflanadi, xolos.

Yopiq sistemali suv ta'minoti asosida ishlovchi korxonalarining suvi ishlatilib bo'lgach chiqarilib, avval tindiriladi, aralashgan qattiq zarralar ajratib tashlanadi. Qisman tuz va reagentlarda tozalanadi, so'ngra yana texnologik jarayonga yuboriladi. Bunda faqat bug'lanib ketgan suv o'rni toza suv qo'shish bilan to'ldirib turiladi, xolos. Yopiq sistemali suv ta'minoti asosida ishlaydigan korxonalar mis suyuqlantirib olinadigan kombinatning, misni boyitish fabrikasini misol qilib keltirish mumkin. Sanoatda suv sarfini katta miqdorda kamaytirish imkonini beradigan yo'nalish suv sovitgichlarini havo sovitgichlariga almashtirishdir, kam chiqindi chiqaradigan texnologiyani, suv ishlatilmaydigan texnologik jarayonlarni joriy qilishdir.

## V bob. NOORGANIK MODDALAR ISHLAB CHIQRISH TEXNOLOGIYALARI

### 5.1. Metallurgiya. Qora va rangli metallar ishlab chiqarish

Metallarning sanoatda olinish usullari haqidagi fan — metallurgiya, tegishli zavodlar metallurgiya zavodlari va boshqa xomashyolardan metallar ajratib oluvchi sanoat tarmog'iga esa metallurgiya sanoati yoki to'g'ridan to'g'ri metallurgiya deyiladi. Hozirgi vaqtda ma'lum bo'lgan elementlardan 85 tasi metallardir. Metall ishlab chiqarish juda qadimdan paydo bo'lgan. Eramizdan 2—3 ming yil ilgari ham ayrim metallarni olishni bilganlar. Masalan, Hindistonda, Misrda oltin, kumush, mis, surma, qalay, simob, qo'rg'oshin kabi metallarni, temirni va uning qotishmalari — cho'yan va po'latni olishni bilganlar. Eramizdan 2900 yil oldin qurilgan Xufu piramidasi topilgan po'lat uskuna buning dalili bo'la oladi. Arman tog'lari territoriyasida joylashgan Urartu davlati eng qadimgi metallurgiya markazlaridan biri bo'lgan. Ularga mis va boshqa ayrim metallar eramizdan 2—3 ming yil ilgari ma'lum bo'lganligi arxeologik tekshirishlar natijasida aniqlangan. Eng birinchi oksidlaridan osonlikcha qaytarib olingan metall, qo'rg'oshin va qalaydir. Keyinchalik misni qalay bilan qo'shib suyuqlantirish usullari topilgach bronza ishlab chiqarila boshladi (eramizdan ilgari III—I asrlar bronza asri). Keyinchalik bronza suyuqlantirilib olish pechlarining takomillashtirilishi natijasida temir olish uchun topilib, uni ishlab chiqarish yo'lga qo'yildi. (temir asri, eramizdan ilgari I asrda boshlandi), XIV asrga kelib domna usulida cho'yan olish va XIX asrga kelib po'lat ishlab chiqarish yo'lga qo'yildi.

Metallar va ular asosida olinayotgan qotishmalarning insoniyat faoliyatida, turmushimizda ishlatilmaydigan sohasini ko'rsatish qiyin. Ular konstruksion materiallar, mashinalar, uskunalar, transport, aloqa, qurilish kabi minglab sohalarda juda keng ko'lamda ishlatiladi.

Metallurgiya juda qadimdan rivojlangan bo'lsa-da, po'lat olishning ilmiy asoslari eng birinchi 1841-yilda rus metallurgi P. P. Anosov tomonidan ishlab chiqarilgan. Rudalardan metallarni ajratib olish usullarini yaratishda muhim hissa qo'shgan olimlardan yana M. B. Lomonosov (Metallurgiya jarayonlarining nazariyasini yaratishda), V. V. Petrov (1803-yil, elektrometallurgiya asoslarini yaratishda) D. K. Chernov (metallshunoslikka asos solishda), P. P. Anosov (1841-y.) va N. N. Beketovlar (1865-yil, metallotermiyani rivojlantirishda) va boshqalarni ko'rsatish mumkin.

## 5.2. Metallarning sinflarga bo'linishi

Metallarni sinflarga bo'lishda ularning tarqalishi, ishlatilishi, fizikaviy, qisman kimyoviy xossalariga asoslanadi.

Barcha metallar ikkiga, qora va rangli metallarga bo'linadi. Qora metallarga temir, marganets va ular asosida olinadigan qotishmalar kiradi.

(Qora metall deyilishiga sabab, qizdirilganda yuzasiga yupqa qora rangli kuyindi-oksid qavati hosil bo'lishidir.) Rangliga — qolgan barcha metallar kiradi.

Rangli metallar 4 guruhga bo'linadi: 1. Og'ir rangli (zichligi  $5g/cm^3$  dan katta) metallar: mis, qo'rg'oshin, qalay, nikel, rux. 2. Yengil rangli (zichligi  $5g/cm^3$  dan kichik) metallar: aluminiy, ishqoriy va ishqoriy-yer metallari. 3. Qimmatbaho metallar: platina, iridiy, osmiy, palladiy, radiy, ruteniy, oltin, kumush. 4. Siyrak yoki nodir metallar: (qolgan barcha metallar shu guruhga kiradi): a) qiyin suyuqlanuvchi vol'fram, molibden, vanadiy, kobalt, titan, sirkoniy, neobiy; b) gearmaniy, galliy, talliy, indiy, reniy; d) siyrak yer, lantanoidlar; e) radiaktiv: toriy, radiy, aktiniy, protaktiniy, uran; f) suniy: poloniy, astat, neptuniy, plutoniy, protaktiniy, uran va urandan keyingi metallar.

Temirning barcha qotishmalari tarkibidagi uglerod miqdoriga qarab cho'yan va po'latga bo'linadi. Tarkibida 2% dan ko'p (odatda 3,5 — 4,5 %) uglerod saqlanadigan temir qotishmasiga cho'yan va 2% dan kam uglerod saqlasa po'lat deb ataladi.

Temir kumushsimon oq plastik metall, nisbatan yumshoq, og'ir ( $c = 8,87 g/cm^3$  ferromagnitlik xossasiga ega, toza holda  $1539^{\circ}C$  da suyuqlanadi. U ikki xil  $\alpha$ -va  $\beta$  temir allotropik shakl o'zgarishlarida uchraydi. Oddiy sharoitda  $\alpha$ -temir holatda bo'lib, hajmiy markazlashgan kub shakldagi kristallik panjaraga ega.  $768^{\circ}C$  ga magnitga tortilish xossasini yo'qotib  $\beta$ -temir holatga o'tadi. Bunda uning kristallik panjarasi o'zgarmaydi.  $910^{\circ}C$  da yangi allotropik shakli  $\gamma$ -temirga aylanadi va u qiralli markazlashgan kub shaklidagi kristallik panjaraga ega bo'ladi, magnitga tortilmaydi. Nihoyat  $1400^{\circ}C$  da  $\delta$ -temirga aylanadi va yana hajmiy markazlashgan kristallik panjaraga ega bo'ladi. Fizik xossalari bilan u  $\alpha$ -temirga o'xshaydi, magnitga tortiladi.

Temir o'ziga ko'pgina elementlarni (C, Si, P, S, Mn va boshqalar) eritadi. Uning, ayniqsa, uglerodni eritishi kristallik panjarasining tuzilishi va haroratga bog'liq bo'ladi.  $\alpha$ -holatdan  $\gamma$ -holatga o'tganda uglerodni eritishi keskin ortadi.  $\alpha$ -temirning eng ko'p uglerodni eritishi  $723^{\circ}C$  da bo'lib, u 0,04 % ga yaqin va bunday temirning qattiq eritmasi ferit deyilib, magnitga tortiladi, plastik va mexanik jihatdan bo'sh bo'ladi.  $\gamma$ -temirda



esa uglerodning eruvchanligi 1130°C da 2% va undan ortiq bo'ladi. Temirning bunday qattiq eritmasiga austenit deb ataladi. U juda qattiq va mo'rt bo'ladi, magnitga tortilmaydi.

Uglerod suyuq temirda erish bilan bir qatorda kimyoviy birikma ham hosil qiladi. Uning uglerod bilan hosil qilgan birikmasiga temir karbidi —  $\text{Fe}_3\text{C}$  yoki sementit deyiladi. Sementit tarkibida 6,67 % (massa bo'yicha) uglerod saqlaydi. U juda qattiq (olmosga yaqin) va mo'rt bo'ladi. (Uning suyuqlanish harorati 1600°C.) Cho'yan sekinlik bilan sovutilsa, tarkibidagi sementitning ko'p qismi ferrit va grafitga parchalanadi va cho'yanni kulrang qilib qo'yadi. Shuning uchun ham bunday cho'yan kulrang cho'yan deyiladi. Kulrang cho'yan yumshoqroq, mo'rtligi ham kamaygan va unga ishlov berish ham ancha oson bo'ladi.

### 5.3. Cho'yan ishlab chiqarish

Cho'yan ishlab chiqarish uchun xomashyo sifatida temir rudalari, flyus, yoqilg'i, havo va ba'zan marganets rudalari ishlatiladi.

Temir rudalari tarkibida temir birikmalaridan tashqari keraksiz jinslar: kremnazyom, tuproq, slanets va boshqalar hamda begona qo'shimchalar: oltingugurt, fosfor, rux va mishyak birikmalari ushlaydi. Oltingugurt ruda tarkibida  $\text{FeS}_2$  (kolchedan) shaklida uchraydi. Ruda suyuqlantirilganda C cho'yan va po'lat tarkibiga erib o'tadi, ularni issiqda sinuvchan, mo'rt qilib qo'yadi. Shuning uchun ham uning miqdori ruda tarkibida 0,15% dan ortiq bo'lmasligi kerak. Fosfor esa ruda tarkibida fosforit va apatitlar shaklida uchraydi. U ham cho'yan va po'lat olish jarayonida erib ularning tarkibiga o'tadi. Uning miqdori ham 0,15% dan ortiq bo'lmasligi kerak. Fosfor cho'yan va po'latning sifatini pasaytiradi (ular sovuqda sinuvchan, mo'rt bo'ladi). Boshqa qo'shimchalar ham (Cu, Ti, Cr, Mn, V va boshqalar) cho'yan va po'lat tarkibiga suyuqlanib kimgach, ularning fizik, mexanik xossalarni o'zgartirib yuboradi.

Temir rudalari turi 300 xildan ortiqroq bo'lishiga qaramay, cho'yan va po'lat ishlab chiqarishda asosan quyidagi temir rudalari ishlatiladi: 1. Magnit temirtosh (magnetit)  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ushlaydi. 2. Qizil temirtosh (gemotit)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Ular tarkibida 50 — 70% gacha temir saqlaydi. Qo'shimcha sifatida ozroq S va P ushlaydi. Qo'ng'ir temirtosh (limonit) —  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  temir gidroksidi bo'lib, tarkibidagi adsorbsiyalangan suv miqdori o'zgarib turadi. Bu ruda tarkibida temir miqdori 25 — 53% gacha bo'lib, tarkibida aralashma sifatida S·P, As ushlaydi. Tarkibida 2% gacha xrom va 1% gacha Ni saqlovchi turlari ham uchraydi va u tabiiy ligirlangan cho'yan va po'lat ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Shpatli temirtosh (siderit) —

esa uglerodning eruvchanligi  $1130^{\circ}\text{C}$  da 2% va undan ortiq bo'ladi. Temirning bunday qattiq eritmasiga austenit deb ataladi. U juda qattiq va mo'rt bo'ladi, magnitga tortilmaydi.

Uglerod suyuq temirda erish bilan bir qatorda kimyoviy birikma ham hosil qiladi. Uning uglerod bilan hosil qilgan birikmasiga temir karbidi —  $\text{Fe}_3\text{C}$  yoki sementit deyiladi. Sementit tarkibida 6,67% (massa bo'yicha) uglerod saqlaydi. U juda qattiq (olmosga yaqin) va mo'rt bo'ladi. (Uning suyuqlanish harorati  $1600^{\circ}\text{C}$ .) Cho'yan sekinlik bilan sovitsa, tarkibidagi sementitning ko'p qismi ferrit va grafitga parchalanadi va cho'yanni kulrang qilib qo'yadi. Shuning uchun ham bunday cho'yan kulrang cho'yan deyiladi. Kulrang cho'yan yumshoqroq, mo'rtligi ham kamaygan va unga ishlov berish ham ancha oson bo'ladi.

### 5.3. Cho'yan ishlab chiqarish

Cho'yan ishlab chiqarish uchun xomashyo sifatida temir rudalari, flyus, yoqilg'i, havo va ba'zan marganets rudalari ishlatiladi.

Temir rudalari tarkibida temir birikmalaridan tashqari keraksiz jinlar: kremnazyom, tuproq, slanets va boshqalar hamda begona qo'shimchalar: oltingugurt, fosfor, rux va mishyak birikmalari ushlaydi. Oltingugurt ruda tarkibida  $\text{FeS}_2$  (kolchedan) shaklida uchraydi. Ruda suyuqlantirilganda C cho'yan va po'lat tarkibiga erib o'tadi, ularni issiqda sinuvchan, mo'rt qilib qo'yadi. Shuning uchun ham uning miqdori ruda tarkibida 0,15% dan ortiq bo'lmasligi kerak. Fosfor esa ruda tarkibida fosforit va apatitlar shaklida uchraydi. U ham cho'yan va po'lat olish jarayonida erib ularning tarkibiga o'tadi. Uning miqdori ham 0,15% dan ortiq bo'lmasligi kerak. Fosfor cho'yan va po'latning sifatini pasaytiradi (ular sovuqda sinuvchan, mo'rt bo'ladi). Boshqa qo'shimchalar ham (Cu, Ti, Cr, Mn, V va boshqalar) cho'yan va po'lat tarkibiga suyuqlanib kirgach, ularning fizik, mexanik xossalarini o'zgartirib yuboradi.

Temir rudalari turi 300 xildan ortiqroq bo'lishiga qaramay, cho'yan va po'lat ishlab chiqarishda asosan quyidagi temir rudalari ishlatiladi: 1. Magnit temirtosh (magnetit)  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ushlaydi. 2. Qizil temirtosh (gemotit)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Ular tarkibida 50 — 70% gacha temir saqlaydi. Qo'shimcha sifatida ozroq S va P ushlaydi. Qo'ng'ir temirtosh (limonit) —  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  temir gidroksidi bo'lib, tarkibidagi adsorbsiyalangan suv miqdori o'zgarib turadi. Bu ruda tarkibida temir miqdori 25 — 53% gacha bo'lib, tarkibida aralashma sifatida S·P, As ushlaydi. Tarkibida 2% gacha xrom va 1% gacha Ni saqlovchi turlari ham uchraydi va u tabiiy ligirlangan cho'yan va po'lat ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Shpatli temirtosh (siderit)

$\text{FeCO}_3$ . Tarkibida 30—37% gacha temir ushlaydi. Bu ruda kuydirilgach, temir miqdori 50—60% gacha ortadi. U tarkibida juda kam miqdorda S va P, hamda 1—10% gacha Mn saqlaydi. Odatda ruda tarkibida temirning miqdori 30% dan kam bo'lsa, u cho'yan va po'lat ishlab chiqarish uchun ishlatilmaydi. Xomashyo sifatida, kam bo'lsa-da, qora va rangli metallurgiya chiqitlari, shlaklar (tarkibida 45—50% gacha temir ushlaydi) kolchedan kuyundilari, marganets rudalari ( $\text{MnO}$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnSO}_3$  va boshqalar), temir siniqlari va shu kabilar ham ishlatiladi.

Flyus nemischa so'z bo'lib suyuq degan ma'noni anglatadi. Flyus domna jarayonida qiyin suyuqlanuvchi oksidlarni oson suyuqlanuvchi cho'yan bilan aralashmaydigan shlakka aylantiradi, ruda tarkibidagi bekorchi jinslarni, cho'yan va po'latning sifatini pasaytiruvchi elementlarni, ko'mirning kulini (koks kulini) biriktirib oladi. Flyus sifatida asosan ohaktosh ( $\text{CaCO}_3$ ) va dolomit ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ) ishlatiladi. Flyusning ahamiyati juda katta. Olinadigan cho'yaning sifatini yaxshilash va uni boshqarish imkonini beradi. 1 t cho'yan olish uchun 0,4—0,8 t gacha flyus qo'shiladi.

Yoqilg'i sifatida koks (tarkibi 80—86% C, 2—7%  $\text{H}_2\text{O}$ , 1,2—1,7% S va 15% gacha kuldani iborat) va tabiiy gaz ishlatiladi. Koks va uning oksidlanishidan hosil bo'lgan CO ruda tarkibida temirni oksidlaridan qaytarish uchun xizmat qiladi. Hamda koks temirda qisman erib uni nisbatan pastroq haroratda suyuqlanadigan qiladi. Keyingi yillarda cho'yan ishlab chiqarishda, koksning miqdori kamaytirilib, uning o'rniga tabiiy gaz ko'p ishlatilmoqda, natijada qimmatbaho koksni tejashga va cho'yaning tannarxini arzonlashtirishga erishildi. Hatto kokssiz ishlaydigan metallurgiya ham paydo bo'ldi. AQSHning Middend Ross firmasi tomonidan ishlab chiqilgan bu usulda koks o'rnida konvertor gazidan foydalaniladi.

Domna pechidagi kimyoviy reaksiyalarni tezlashtiradigan sharoitlar. Domna pechinning mahsuldorligi faqat uning hajmiga (katta-kichikligiga) bog'liq bo'lib qolmay, balki unda boradigan kimyoviy jarayonlarning borish tezligiga ham bog'liq bo'ladi. Shuning uchun kimyoviy reaksiyalarni tezlashtiruvchi faktorlar: harorat va reaksiyaga kirishuvchi moddalarning to'qnashuv sirtini oshiradi.

Kimyoviy reaksiya tezligini oshirish uchun reaksiyaga kirishuvchi moddalarning konsentratsiyasi oshiriladi. Buning uchun 1) temir rudasi boyitiladi; 2) domnaga kiritiladigan havoga toza kislorod qo'shiladi; 3) tabiiy gaz metan ham kiritiladi. Metan ham, yoqilg'i ham qaytaruvchidir, chunki u yonganda hosil bo'lgan suv cho'g' holdagi koks bilan birikib, vodorod gazini hosil qiladi. Vodorod esa kuchli qaytaruvchidir.

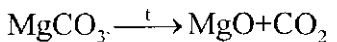
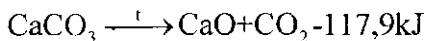
Reaksiya tezligi haroratga ham bog'liq bo'ladi. Domnada haroratni oshirish uchun, unga puflanadigan havo kauperlarda avval qizdiriladi. Bunda ko'pincha reaksiya issiqligidan foydalaniladi.

Kimyoviy reaksiya tezligini oshiradigan faktorlardan yana biri yuza ta'sirini oshirish uchun, domnaga tushiriladigan ruda, koks va flyus ma'lum optimal o'lchamga ega bo'lishi lozim.

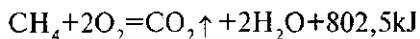
Domna pechining mahsuldorligini oshirishda, yoqilg'ini tejashda shixtani tayyorlash muhim rol o'ynaydi. Shixta tarkibiga kiruvchi komponentlar kattaligi muhim ko'rsatkichlardan biri bo'lib, rudaning kattaligi 40—100 mm, koksni 40—80 mm va ohaktoshni 30—80 mm bo'lishi kerak. Buning uchun ruda maydalanadi, g'alvirdan o'tqaziladi, bo'laklarining kattaligi bir xillik darajasi oshiriladi va nihoyat boyitiladi. Maydalari aglomeratsiyalanadi (changsimon mayda zarrachalari koks va flyus bilan aralastirilib chala suyuqlantiriladi, natijada zarralar bir-biriga yopishib yiriklashadi, so'ngra u sovitilib qotirilgach, kerakli kattalikda maydalab olinadi). Shixta bo'laklari tarkibida 10% 5mm dan kichiklari bo'lsa pechning mahsuldorligini 3% gacha kamaytiradi va yoqilg'i sarfini oshiradi.

Temir rudasiga boy mamlakat Rossiyadir (Ural, Kurskiy magnit anomaliasini, Kerch, Krivoy Rog, Sharqiy Sibir, Uzoq Sharq va boshqalar) unda dunyo temir rudasining 50% ga yaqini joylashgan. O'zbekistonda ham temirning 60 ga yaqin konlari bo'lib, ulardan yiriklari Sulton Uyays tog'lari, Amudaryo etagidagi Tabinbuloq (rudasi tarkibida 15—16% temir bor), Markaziy Qizilqumda Kenes va Jadir (miqdori 300 mln t dan ortiq) konlaridir. O'zbekiston temirining asosiy miqdorlari Sulton Uyays tog'lari (68%), Qizilqumda (14%), qolgan qismi Toshkent va Surxondaryo viloyatlaridadir. Kezi kelganda shuni aytish lozimki, jumhuriyatimizda har yili taxminan 2 mln t temir-tersaklar yig'iladiki, uni hammasi cho'yan va po'latga aylantirilsa, respublikamizning unga bo'lgan ehtiyojini 50—60% ini qondirgan bo'lar edi, ammo hozirgi kunda to'planayotgan temir tersaklarning atigi 27% i qayta ishlanayotir.

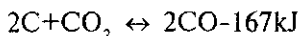
Cho'yan ishlab chiqarishda boradigan asosiy reaksiyalar. Cho'yan domna pechi deb ataluvchi reaktorlarda eritib olinadi. Cho'yan eritib olish jarayonida quyidagi kimyoviy reaksiyalar ketadi. Pechning yuqori qismidan, shixta pastga tomon, ostidan yuqoriga qarama-qarshi yo'nalishda esa yoqilg'ining yonishidan hosil bo'lgan gazlar harakat qiladi. Shixta pastga tushgan sayin qiziydi, natijada eng avval oson bug'lanuvchi moddalardan (namlik, SO<sub>2</sub> gazlari va boshqalar) tozalanadi. Shixta namligi (200°C da) bug'lanib qurigach uning harorati orta boradi va 400—600°C ga yetgach, Fe, Mn va Mg karbonatlari intensiv parchalana boshlaydilar. Pech harorati 800—900°C ga borgach ohaktosh va dolomit parchalana boshlaydi.



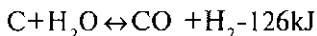
Shixta tarkibidagi koks ham pechning ostidan domna havo qizdirgichlarida (kauperlar)  $800^\circ\text{C}$  gacha qizigan va kislorodga boyitilgan gaz bilan to'qnashib yonadi.  $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + 401, \text{ kJ}$  pechga yonish uchun kiritilgan gaz yonadi.



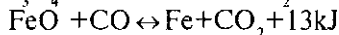
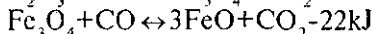
Yuqoridagi reaksiyalar natijasida hosil bo'lgan gazlar ham ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) turli ta'sirotlariga uchraydi.  $\text{CO}_2$  gazi pechning yuqorisiga ko'tarilib issiq koks bilan reaksiyaga kirishadi va is gaziga aylanadi.



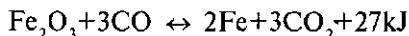
Suv bug'i esa issiq koks bilan qaytarilib,  $\text{CO}$  va  $\text{H}_2$  hosil qiladi.



Hosil bo'lgan  $\text{CO}$  gazlari va  $\text{H}_2$  temirni, oksidlaridan qaytaradi. Temir oksidlari turlicha qaytariladi. Eng oson qaytariladigani  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  keyin  $\text{Fe}_2\text{O}_4$  va eng qiyin qaytariladigani  $\text{FeO}$  dir.



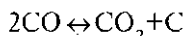
Qaytarilgan temir suyuqlanib ostga tushadi.  $\text{CO}_2$  esa yuqoriga ko'tariladi. Muvozanat batamom o'ngga siljiydi. Vodorod ham  $\text{CO}$  kabi yuqoridagi reaksiyaga o'xshash temir oksidlarini qaytarish uchun sarflanadi. Bunda hosil bo'lgan suv bug'lari yuqorida aytilganidek koks bilan qaytarilib yana  $\text{H}_2$  va  $\text{CO}$  ga aylanaveradi. Temir oksidlarini qaytarilish natijasida hosil bo'lgan  $\text{CO}_2$  ham yuqoriga ko'tarilgach, issiq koks ta'sirida yana  $\text{CO}$  ga aylanadi. Shunday qilib, bu jarayon takrorlanaveradi. Temir oksidlarining qaytarilishini umumiy bir tenglama bilan yozish mumkin:



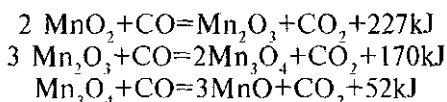
Reaksiya qaytar bo'lganligi uchun  $\text{CO}$  va  $\text{H}_2$  kabi gazlarning hammasi

qaytarishga sarflanmay qisman domna gazlari bilan pechdan chiqib ketadi. Domna gazlari tarkibida  $N_2$ ,  $CO_2$  va 27 — 30%  $CO$ , ozroq  $H_2$  va  $CH_4$  bo'ladi.

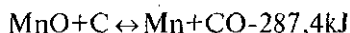
Temir oksidlari nafaqat  $CO$  va  $H_2$  bilan, balki uglerod (koks) bilan ham qaytariladi. Temir oksidlarining uglerod bilan qaytarilishiga to'g'ri qaytarish deyiladi. Uglerod bilan qaytarilish  $1000^\circ C$  dan yuqori boradi. Qaytarish uchun faqat koks uglerodi emas, balki  $CO$  ning termik parchalanishidan hosil bo'lgan uglerod ham qatnashadi.



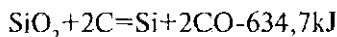
Domna jarayonida temirdan tashqari shixta tarkibida bo'lgan boshqa elementlar ham qaytariladi.  $1000^\circ C$  da  $Mn_2O_3$  qaytarilib,  $Mn_3O_4$ , so'ngra  $MnO$  va nihoyat  $Mn$  hosil bo'ladi.



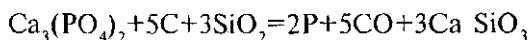
Hosil bo'lgan  $MnO$  ni qaytarilishi asosan yuqori haroratli zonada uglerod hisobiga boradi. Qaytarilgan marganetsning bir qismi erib cho'yan tarkibiga o'tadi.



Ammo marganets oksidining ko'p qismi qaytarilmay shlak tarkibiga o'tadi. Kremniy ham qattiq uglerod bilan qisman yuqori haroratda qaytariladi.

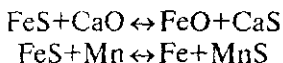


Fosfor esa  $C$  va  $SiO_2$  ta'sirida qaytarilib erkin fosforgia aylanadi va har ikkalasi ham cho'yanda erib uning tarkibiga o'tadi.

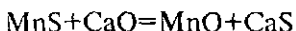


Nikel va mis to'liq qaytariladi va cho'yan tarkibiga kiradi. Xrom, titan va vanadiylar domna jarayonida odatda qaytarilmaydi (ularning qaytarilishi uchun juda yuqori harorat kerak bo'ladi). S esa metallar bilan sulfidlar ( $FeS$ ,  $CaS$ ,  $MnS$  va boshqalar) hosil qiladi. Sulfidlarning suyuq temirda eruvchanligi turlicha, masalan,  $FeS$  yaxshi,  $MnS$  esa yomon eriydi,  $CaS$  esa umuman erimaydi, ammo u shlakda yaxshi eriydi. Shuning

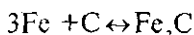
uchun ham FeS larni CaS holiga o'tkazish domna jarayonida muhim vazifalaridan biridir. CaO va marganetslar oltingugurtni temirdan ajratib olishning asosiy manbalaridir.



Bunda hosil bo'lgan MnS erib shlakka o'tadi va shlak tarkibidagi CaO bilan qaytarilib CaS ga aylanadi.



CaS esa erib shlakka o'tadi. Domnada qaytarilish reaksiyasi natijasida hosil bo'lgan temir bulutsimon (ya'ni g'ovak) temir bo'lib, uning g'ovaklarida SO ning parchalanishdan hosil bo'lgan uglerod (koks) bilan (temirning bir qismi) karbid (sementid) hosil bo'ladi.

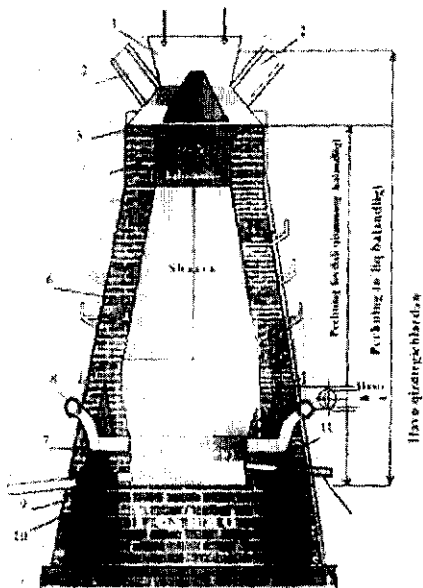


Hosil bo'lgan temir karbidi va uglerod temirda eriydi. Natijada ancha oson suyuqlanadigan qotishma (tarkibida 4,3 % uglerod saqlovchi, temirning uglerod bilan evtektik aralashmasi) suyuqlanish harorati 1140°C bo'lgan qotishma) hosil bo'ladi. Bu qotishma yuqorida aytilganidek C, Si, Mn, P, S va boshqa elementlarni o'zida eritib cho'yanga aylanadi (tarkibida 4,5 uglerod saqlaydi), uning zichligi shlaknikidan katta bo'lganligi uchun pastga cho'kadi.

Shlak hosil bo'lish jarayoni 1000°C haroratda boshlanadi. Ohaktoshni parchalanishidan hosil bo'lgan CaO, dolomitni parchalanishidan hosil bo'lgan MgO hamda Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>lar bunday sharoitda (domna jarayoni) qaytarilmaydi. Ammo bir-biri hamda SiO<sub>2</sub> va ko'mirning kuli bilan birikib, turli xil tarkibli birikmalarni: kaliy silikat (CaO+SiO<sub>2</sub>=CaSiO<sub>3</sub>), magniy silikat (MgO+SiO<sub>2</sub>=MgSiO<sub>3</sub>), kalsiy aluminat (CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), kalsiy alyumosilikat (CaO)<sub>2</sub>·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·SiO<sub>2</sub>) kabi oson suyuqlanuvchi aralashma —shlakni hosil qiladi. Shlakning zichligi cho'yannikidan kichik bo'lganligidan, u cho'yanning ustida to'planadi va cho'yanni oksidlanishdan himoya qiladi.

**Domna pechining tuzilishi.** Domna pechi (48-rasm) to'xtovsiz ishlaydigan konussimon minora bo'lib, umumiy balandligi 36—40m, diametri 10m.

Minora devorlari o'tga chidamli g'ishtdan qilingan bo'lib, isib ketishdan



48-rasm. Domna pechning kesimi:

- 1 — to'kuvchi apparat; 2 — gaz chiqish joyi;  
 3 — g'iflof; 4,5 — qoplamasi; 6 — sovitgich;  
 7 — tayanch halqa; 8 — havo kiradigan tuynuk;  
 9 — kollonna(minora); 10 — cho'yan chiqarish  
 tuynugi; 11 — shlak chiqarish tuynugi.

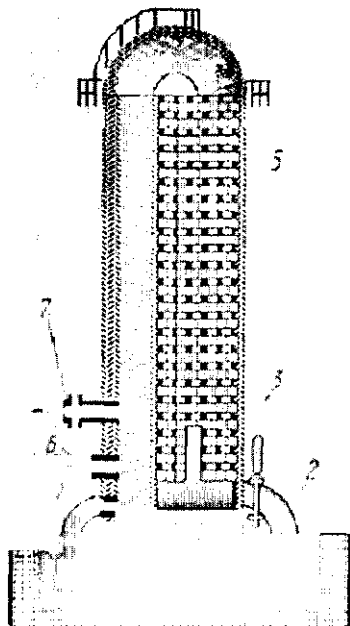
shaxta, eng keng qismi — raspar, ostki silindirsimon qismi — gorn, rasparni gorn bilan tutashtiruvchi qismi — zaplechnik va gornning yuqori qismida havo puflash teshigi — furma, ostki qismi leshad va boshqalar.

Pechning tepa qismida avtomat to'quvchi qurilma o'rnatilgan bo'lib, u xomashyoni germetik to'kish uchun xizmat qiladi va domna gazlarining tashqarisiga chiqishiga qo'ymaydi. Tayyor xomashyo ombordan bunkerlarga kelib tushadi, keyin avtomat taroziga, undan skipga (skip — shixtani pechning tepasiga olib chiqib to'kuvchi vagoncha) keladi. Qiya o'rnatilgan ko'prikdagi relslarda skip, ko'targich orqali pechning tepasiga chiqadi. Bir yo'la ikkita skip harakat qiladi: bittasi pech tepasiga chiqqanda, ikkinchisi domna ostiga tushadi. Skipdagi xomashyo pech tepasiga olib chiqilgach, yo'naltiruvchi qimirlamaydigan kadakka to'kiladi, undan qabul qadag'iga o'tadi. Bu qadaq uni ostki qismidan yopib turuvchi kichik konus bilan birgalikda o'z o'qi atrofida aylanadi va konus bilan birgalikda

saqlash uchun devor oralig'ida ichidan suv o'tib sovituvchi sovitgichlar bo'ladi. Yuqoridan pastga tushgan sari devor qalinligi ortib boradi va ostki qismida (gornda) 1,5m ga yetadi. Chunki u yerda harorat eng yuqori bo'ladi. Pechning ostki qismi ustaxonasi (gorn) keng bo'lib, diametri 12 — 16 m. gacha bo'ladi. Yuqori qismi esa torayib ketgan, konussimon. Pechning bunday tuzilishi shixtaning bir tekisda pasta tushishini, gaz oqimining pechning butun hajmida optimal taqsimlanishini ta'minlaydi. Tashqi tomondan pech po'lat g'iflof bilan qoplangan. Domna pechi bir necha qismlarga bo'linadi: tepa tomoni — koloshnik, o'rta qismi —



xomashyoni to'kkach ma'lum burchakka (600 ga) aylanadi. Shunday qilib, xomashyo har gal domnaning bir joyiga to'kilavermay, har 5–10 minutda alohida porsiyalar shaklida qavat-qavat (bir qavat ruda, ikkinchisi flyus va uni ustidan koks) bo'lib, pechning koloshnik qismiga to'kiladi. To'kish uchun navbat bilan avval kichik konus pastga tushadi, keyin u yuqoriga ko'tariladi, katta konus tushadi. Natijada pech ichida shixtaning bir joyda to'planib qolishining oldi olinadi va uni bir tekisda taqsimlanishi ta'minlanadi. Shixta pech ichiga sekinlik bilan tusha boshlaydi, qiziydi va qaytarila boradi. Pechning ostidan gorn qismiga furma orqali qizigan va kislorodga boyitilgan havo yuboriladi (qarama-qarshi oqim prinsipi). Pechning raspar va zaplechnik zonalarida qaytarilgan temir, yuqori haroratli zona orqali



49-rasm. Kauper (havo qizdirgich).

1, 6, 7 — gaz kirib-chiqish tuynuklari; 2 — tutun chiqish joyi; 3 — sovuq havo kirish tuynugi; 4 — yoqish bo'limi; 5 — nasadkali bo'limi.

o'tib, uglerod bilan to'yinib suyuqlanadi va gorn qismiga oqib tushadi. Gorn tagida suyuq cho'yan va shlak, qavat ho'sil qilib yig'iladi. Ular maxsus teshiklar orqali chiqarib olinadi. Shlak har I soatda, cho'yan har 4–6 soatda bir marta olinib turiladi.

Domna pechiga beriladigan havo 900–1300° C gacha regeneratordlarda (kauperda) qizdirib yuboriladi. Kauper (bu so'z regeneratorni ixtiro etgan fransuz injenerining nomidan olingan) davriy ravishda ishlovchi silindrsimon uskuna bo'lib (49-rasm), balandligi 45m, ichining diametri 6–9 m.

Ichi o'tga chidamli g'isht bilan (shomot) qoplangan. Kauperning ichi yoqish (4) va nasadka (5) bo'lmlaridan iborat, tepa qismi gumbazsimon va bo'sh bo'ladi. Domna gazlari changdan taxminan tozalanib, tabiiy gaz bilan qo'shilib kauperning yoqish bo'lmasiga havo bilan qo'shib yuboriladi va u yerda gaz yonadi. Yonishdan hosil bo'lgan issiq gazlar gumbazdan aylanib yuqoridan pastga tomon nasadka orqali o'tadi va uni qizdiradi. Nasadka

harorati 1200—1300<sup>o</sup> C ga yetgach (2—3 soatdan so'ng) gazni yoqish to'xtatiladi va tutun chiqaruvchi mo'ri (2) bekiladi. Shundan so'ng issiq nasadka orqali sovuq havo yuboriladi. Havo qizib kauperning gaz chiqish teshigidan (7) chiqadi va domna pechiga yuboriladi. Jarayonning uzluksizligini ta'minlash maqsadida har bir domna pechi yonida kamida ikkita kauper quriladi. Chunki kauperning bittasida gaz yoqilib nasadkalar qizdirilayotgan bo'lsa, ikkinchisidan esa havo o'tkazilib kauper nasadkasi sovitilayotgan bo'ladi. Domna jarayonida 1000—1300<sup>o</sup> C gacha isitilgan havoni qo'llash (haroratning har 100<sup>o</sup> C oshishi mahsuldorligini 2% ga ko'paytirish va koks sarfini 2% ga kamaytirish imkonini beradi) domna mahsuldorligini ancha oshiradi, domna pechlarida suyuqlantirib olinadigan cho'yan tarkibida Fe dan tashqari, 3—5,5% C, 0,3—2,5 % Si , 0,5—6,0% Mn, 0,08—2,2 % P va 0,03—0,12 % S saqlaydi. Ular ishlatiladigan sohasiga qarab har xil bo'ladi: 1) oq cho'yan (tarkibida uglerod sementit Fe<sub>3</sub>C shaklida bo'ladi va u juda qattiq bo'lib, unga ishlov berish qiyin) po'lat olish uchun ishlatiladi; 2) kulrang cho'yan (tarkibida uglerod grafit shaklida bo'ladi va u ancha yumshoq bo'ladi) turli xil buyumlar quyish uchun ishlatiladi; 3) maxsus cho'yan (ferrosilitsiy tarkibida 10—12 % gacha Si, oynasimon yaltiroq 12—20% gacha Mn, ferromarganets 60—80 % gacha ushlaydi) po'lat olish uchun ishlatiladi. Domnadan chiqindi sifatida olinadigan shlak ham keng sohalarda ishlatiladi. Masalan, shlakdan sheben, graviy, shlakbeton, penabeton, shlakpaxta, shlakportlandsement va boshqalar ishlab chiqariladi. Yana domna gazi (tarkibida 30% gacha CO, 60 % H<sub>2</sub>, 10 % CO<sub>2</sub> va changlar bo'ladi) ham chiqariladi. Bu gaz changlardan tozalangach turli maqsadlarda yoqish uchun ishlatiladi. Domnaning muhim ko'rsatkichlariga uning FHFK si va koks sarfi kiradi. Domna pechining intensivligi, uning foydali hajmidan foydalanish koefitsienti FHFK bilan baholanadi. Ya'ni 1t cho'yan olish uchun pechning (sutka/m<sup>3</sup> larda) qancha foydali hajmi to'g'ri kelishini ko'rsatadigan kattalik. Hozirgi paytda FHFK kamayib 0,45—0,5 % ga, pechning foydali hajmi esa 5000 m<sup>3</sup> gacha yetkazilgan (1913-yillarda esa FHFK 2,5 — 3% ga, pechning foydali hajmi esa 200 m<sup>3</sup> ga teng edi). Shunday ulkan pechlarda bir yilda 4,2 mln. t. gacha cho'yan ishlab chiqariladi.

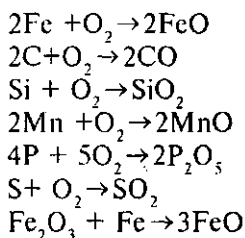
Domnaning foydaliligining ikkinchi ko'rsatkichi 1t cho'yan olganda sarflanadigan koksning sarfidir. Keyingi yillarda 1t cho'yanga 360—400 kg koks sarflanmoqda. (1960-yillarda bu son 950 kg edi.) Hozirgi zamon foydali hajmi 2700m<sup>3</sup> bo'lgan domnalarda bir sutkada 8600 t tarkibida 64% Fe bo'lgan ruda — aglomerat, 2500 t koks, 200 t flyus, 0,6 mln m<sup>3</sup> tabiiy gaz, 0,5 mln m<sup>3</sup> kislorod va 7 mln m<sup>3</sup> havo ishlatiladi, unda shuncha xomashyodan bir sutkada 5500 t cho'yan (2 mln t/yil) 1900 t shlak, 11 mln m<sup>3</sup> domna gazi ishlab chiqariladi.

Domna pechlarining bunday mahsuldorligi eng avvalo yoqilg'i sifatida

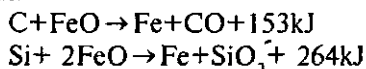
tabiiy gazni qo'llab koks sarfini qisman kamaytirish orqali ta'minlanadi. Undan tashqari domna agregatlarining birlik quvvatini oshirish uni takomillashtirish, ruda tarkibida temirning konsentratsiyasini oshirish, domnaga kiritilgan gazlarni isitish va uni kislorodga boyitish, ta'sir yuzani kengaytirish cho'yan olishdagi barcha jarayonlarni mexanizatsiyalash, avtomatlashtirish, EHM larni qo'llash kabilar pech intensivligini oshirishning asosiy omillaridir.

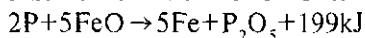
## 5.4. Po'lat ishlab chiqarish

Po'lat maxsus pechlarda qayta ishlanuvchi cho'yanga (Oq va maxsus cho'yanga) temir-tersak (skrapa) qo'shib suyuqlantirish orqali olinadi. Po'lat ishlab chiqarish jarayonining cho'yan ishlab chiqarish jarayonidan asosiy farqi shundaki, po'lat ishlab chiqarishda cho'yan tarkibidagi C, Si, Mn larning miqdorini havo kislorodi bilan oksidlash yo'li orqali ma'lum miqdorda kamaytirish va S bilan R ni imkoni boricha to'liqroq yo'qotish ko'zda tutiladi. Bu qo'shimchalarning po'lat tarkibida bo'lishi maqbul emas. Po'lat ishlab chiqarishda sodir bo'ladigan asosiy reaksiyalar po'lat ishlab chiqarishda cho'yan ishlab chiqarishdagiga teskari reaksiya, ya'ni temirning havo kislorodi bilan oksidlanish reaksiyasi ketishidir (cho'yan ishlab chiqarishda temirning oksidlaridan qaytarilish reaksiyasi ketar edi. Temir bilan bir vaqtning o'zida cho'yan tarkibidagi begona qo'shimchalar ham qisman kislorod bilan oksidlanadi hamda temirning yuqori oksidlari temir bilan qaytariladi.

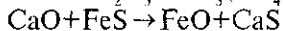
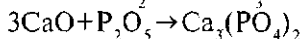
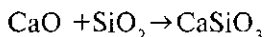


Hosil bo'lgan Fe cho'yanda yaxshi eriydi va unda erigan boshqa elementlarni oksidlaydi, chunki birinchidan, temirning konsentratsiyasi katta bo'lgani uchun ko'p hosil bo'ladi, ikkinchidan, cho'yandagi qo'shimchalar (C, Si, Mn, S) temirga nisbatan kislorod bilan shiddatliroq reaksiyaga kirishadi.



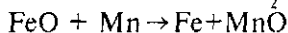
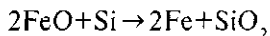


Hosil bo'lgan oksidlar:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  flyus bilan **birikib shlakka** aylanadi. Shlakka qisman oltingugurt ham  $\text{CaS}$  shaklida erib o'tadi, chunki  $\text{CaS}$  suyuq metallda erimaydi.



Metall ustida shlakning hosil bo'lishi suyuq metallni kislorod bilan bevosita ta'siridan saqlaydi. Ammo oksidlanish jarayoni  $\text{FeO}$  ta'sirida davom etaveradi, biroq sekinlashadi.

Suyuq metalldan  $\text{CO}$  ning ajralib chiqishi po'latning "qaynashi" deyiladi. Po'lat suyuqlanmasi tarkibidagi uglerod miqdori tez analiz (ekspres analiz) usullari yordamida aniqlanadi. Suyuqlanma tarkibidagi uglerod talab darajasiga yetgach, ya'ni oksidlanish reaksiyalari tugagandan keyin tarkibida hali ma'lum miqdorda  $\text{FeO}$  qoladi, u po'latning sifatini buzadi. Uni yo'qotish uchun shlak pechdan chiqarib olinadi va suyuq po'latga oksidlovchilar (raskislitellar) deb ataluvchi moddalar-ferromarganets, ferrosilitsiy qo'shiladi. Marganets va kremniy temir (II) oksid bilan reaksiyaga kirishadi.

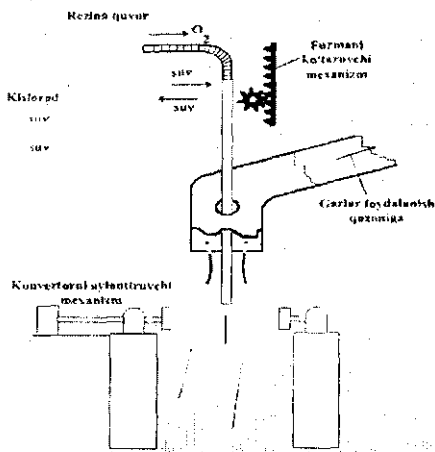


$\text{MnO}$  esa  $\text{SiO}_2$  bilan reaksiyaga kirishib,  $\text{MnO} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{MnSiO}_3$ , marganets silikatni hosil qiladi, u shlak sifatida chiqarib tashlanadi. Po'lat suyuqlantirishning oxirgi bosqichida zarur bo'lsa suyuq po'latga ligerlovchi elementlar qo'shiladi.

Cho'yanni po'latga aylantirishning bir necha usuli ma'lum. Ularning hammasi ham yuqorida ko'rib chiqilgan oksidlanish-qaytarilish reaksiyasiga asoslangan.

*Kislorod-konvertor usuli.* Po'lat olishning konvertor usulini 1854-yilda ingliz olimi G. Bessemer kashf etdi (bu usulni Bessemer usuli ham deyiladi). Bu usulda cho'yanni qayta ishlab po'lat olishda cho'yan tarkibidagi qo'shimchalarni oksidlash jarayoni noksimon shakldagi katta metall qurilma – konvertorlarda amalga oshiriladi. (50-rasm).

Konvertor ichi o'tga chidamli g'isht bilan qoplangan noksimon qurilma bo'lib, tashqi tomoni po'lat bilan qoplangan, Ikki yon tomonidan



50-rasm. Po'lat eritish uchun kislorod konvertori.

reaksiyalari ketadi. Bu usulning asosiy afzalligi shundaki, u tejamli usuldir. Kerakli haroratni ( $1700^{\circ}\text{C}$ ) saqlab turish uchun yoqilg'i yoqish talab etilmaydi, balki qo'shimchalarning oksidlanishi ekzotermik reaksiya bo'lganligidan reaksiya issiqligidan foydalaniladi. Jarayon tugagach, konvertordan shlak ag'darib olinadi va tayyor po'lat quyib olinadi.

Bu usul tarkibida kam fosfor saqlovchi cho'yanni qayta ishlashga yaroqlidir. Tarkibida ko'p fosfor saqlovchi cho'yanni qayta ishlash usulini 1878-yilda ingliz injeneri Tomos kashf etdi. Bu usulda po'lat olish konvertorining ichi asosli xossaga ega bo'lgan o'tga chidamli materiallar (dolomitli g'ishtlar) bilan qoplangan bo'ladi. Bu usulda yuqori harorat asosan fosforning oksidlanishidan hosil bo'ladi va hosil bo'lgan shlak tarkibida fosfor ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  shaklida) ko'p ushlagani uchun tomos shlak nomi bilan fosforli o'g'it sifatida ishlatiladi.

Har ikkala konvertor usulning ham asosiy kamchiligi po'lat eritishda po'lat cho'yanga temir-tersak qo'shib bo'lmasligidadir hamda hosil bo'lgan po'lat tarkibida anchagina azotni o'ziga eritib oladi, natijada uning sifati buziladi, bunday po'lat eskirgach, ya'ni vaqt o'tishi bilan uning elastikligi kamayib, mo'rt bo'lib qoladi.

1951-yilda Avstriyada kislorod-konvertor usulining toza kislorodli turi kashf etildi. Bu usul ham Bessemer usuliga o'xshaydi. Asosiy farqi shundaki, bu usulda havo o'rniga toza kislorod (99,5%) 0,9—1,4 MPa bosim bilan furma orqali puflanadi va furma suv bilan sovutilib turiladi. Kislorod katta bosim ostida suyuq cho'yanga puflangani uchun cho'yan

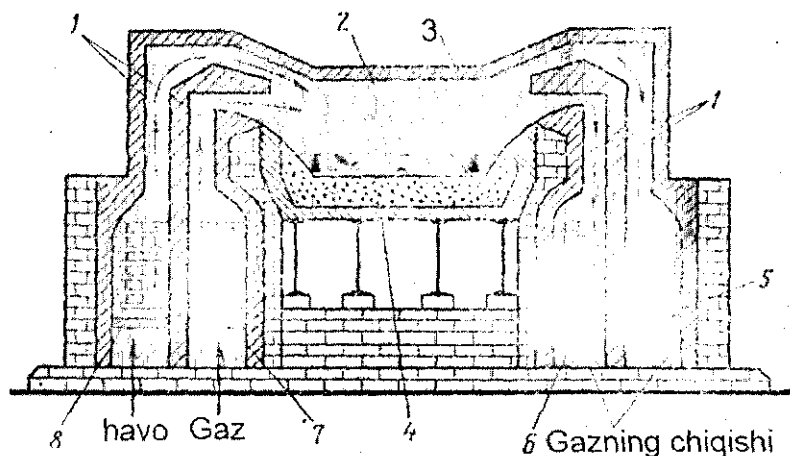
qo'zg'almas ushlagichlarga — gorizontal o'qlarga mahkamlangan holda osilib turadi va uni og'zini pastga qaratib ag'darib va yana o'z holiga qaytarish, ya'ni aylantirish mumkin.

Konvertor ichiga gorizontal holda uni og'zi orqali qayta ishlanuvchi suyuq cho'yan va flyus — ohak yoki ohaktosh solinadi, havo yoki kislorodga boyitilgan havo esa vertikal holda tepa qismidan — og'zidan puflanadi. Bunda yuqorida qayd qilingan oksidlanish

orasidan o'tib uni qo'zg'aydi va shlak bilan aralashishini ta'minlaydi. Toza kislorod bo'lgani uchun bu usulda oksidlanish reaksiyasi intensiv ketadi, bu holat konvertorga temir-tersak, ruda va flyus qo'shish imkonini beradi. Konvertorda po'latning cho'yanga aylanish jarayoni 35—40 minutda tugallandi. Hajmi 100 tonnali kislorod konvertorining balandligi 8 m, Diametri 4m, unda po'lat suyuqlantirilib olish jarayoni 45 minut davom etadi. Shunday pechning mahsuldorligi 750 ming t/yilga teng.

Marten usuli. Bu usul 1864-yilda fransuz injeneri P. Marten tomonidan kashf etildi. Marten pechi (51-rasm) ikki qismdan: vanna va regeneratordan tuzilgan.

Pech tepa qismi, vanna usti gumbazi (1), vanna (2), old, orqa va yon devorlaridan iborat. Vannaning ichki devorlari o'tga chidamli g'ishtlardan



51-rasm. Marten pechi.

1 — yoqish uchun gaz va havo kiradigan hamda yonish mahsulotlari chiqadigan kanallar; 2 — ishchi bo'shliq(suyuq po'lat tushadigan); 3 — gumbaz; 4 — pechning osti; 5-8 — regeneratordan.

yasalgan. Pechning oldingi devorida 3—4 ta metall kiritish tuynuklari bo'ladi. Shixta — cho'yan, temir-tersak va flyus, shu yerdan pechga solinadi. Pechning orqa devorida esa po'lat chiqariladigan teshiklari bo'ladi. Tayyor bo'lgan po'lat shu teshiklardan chiqarib olinadi. Vannaning ikkala yon tomonida yoqilg'i va havo keladigan hamda yonish mahsulotlari chiqib ketadigan 4 ta kanal regeneratordan (5—8) bo'lib, ularning ichi o'tga chidamli g'ishtdan yasalgan nasadka bilan to'lg'azilgan.

Havo va yonuvchi gazlar regeneratordan qizdirib olinadi. Bir juft regeneratordan orqali yoqilg'i yonishida hosil bo'lgan issiq gazlar ( $1600^{\circ}\text{C}$ )

o'tkaziladi. Natijada regeneratordagi devorlari (nasadka qattiq qiziydi). So'ngra gazlar oqimining yo'nalishi o'zgartiriladi. Ya'ni qizdirilgan regeneratordagi orqali havo yonuvchi gaz, qizdirilmagan ikkinchi juft regeneratordagi orqali esa yoqilg'ining yonishidan hosil bo'lgan issiq gazlar o'tkaziladi. Pechda harorat 1700 — 1750°C gacha ko'tariladi, chunki marten pechida kislorod konvertoridan farq qilib, havo (kislorodga boyitilgan havo) suyuq cho'yan orqali emas, balki uning ustidan o'tadi. Shu boisdan uning yuzasida bo'lgan qo'shimchalarga oksidlanadi. Suyuqlantirilgan massaning ichida esa qo'shimcha elementlarning oksidlanishi temir-tersakda bo'ladigan temir (II) oksid hisobiga boradi. Suyuq po'latni chiqarib olishdan ilgari zaruriyatga qarab ligerlovchi elementlar qo'shiladi. Marten pechida xomashyo qayta ishlanuvchi cho'yan, temir-tersak, yuqori sifatli temir rudasi va flyus hisoblanadi. Natijada xomashyo sifatida cho'yanning miqdorini 40—60 % gacha kamaytirish imkoniyati tug'iladi. Bu holat po'lat ishlab chiqarishni cho'yanga nisbatan ancha ko'paytirish imkoniyatini beradi. Hajmi 500 tonnali marten pechining (bir marta suyuqlantirganda 500 t po'lat tayyorlab beradi) uzunligi 16 m, eni 6m, vannasidagi suyuq po'lat va shlak qatlamining qalinligi 1,2 m. Shunday pechning mahsuldorligi 300 ming t/ yilga teng bo'ladi.

Marten usulining afzalligi shundaki, bu usulda cho'yanni po'latga aylantirish jarayonini nazorat qilib turish va har xil markali po'latlar olish mumkin. Ammo marten usulini kislorod konvertor usuliga taqqoslanadigan bo'lsa, anchagina kamchiliklarga ega. Masalan: yuqorida aytilganidek konvertor usulida po'lat suyuqlantirib olish jarayoni 35—45 minut davom etsa, eng takomillashgan marten pechida esa bu jarayon 6—8 soat davom etadi. Mahsuldorligi bir xil bo'lgan kislorod konvertor sexini qurilishi uchun marten sexiga nisbatan 25—35 % kapital mablag' kam sarflanadi va olinadigan po'latning tannarxi ham 5—7 marta arzonroq tushadi. Shuning uchun ham hozirgi paytda po'lat olishning marten usulida zavod qurish to'xtatilgan. Eskilarining intensivligi turli yo'llar bilan oshirilmoqda. Masalan, pechga kiritiladigan havo 30 % gacha kislorodga boyitilib qo'llanilmoqda, ikki vannali marten pechlariga almashtirilmoqda, yoqilg'i sifatida gazdan foydalanilmoqda va hokazo.

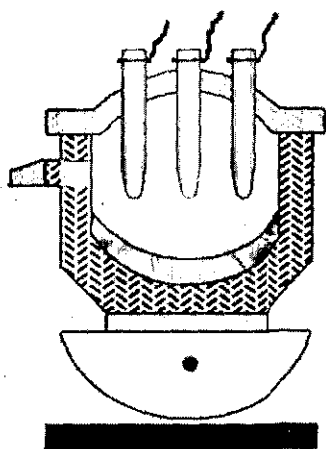
### **Elektr pechlarda po'lat ishlab chiqarish**

Po'lat ishlab chiqarishning ancha takomillashgan usuli bu uch fazali elektr yo'li pechlarida po'lat olishdir (bu usul 1880-yildan beri ma'lum). Elektr pechlarida amalay jihatdan olganda har qanday nav po'lat olish mumkin.

Unda haroratni boshqarish oson, oksidlanishi, qaytarilish yoki neytral muhit yaratish mumkin. Shuning uchun ham eng kam zararli qo'shimchalar

saqlovchi po'lat olish mumkin. Uning harorati yuqori bo'lganligi (2000°C gacha elektr yoy usulida hosil qilinadi) uchun unda suyuqlanish harorati yuqori bo'lgan (xrom, marganets, nikel, molibden, volfram, vanadiy va boshqalar) ligerlovchi metallarni istalgan miqdorda qo'shib maxsus ligerlangan po'latlarni olish mumkin. Elektr pechlarini qurish martent pechlarini qurishga qaraganda ancha arzonga tushadi. Respublikamizda yagona Bekobod ishlab chiqarish zavodi elektr pechlarida po'lat olishga asoslangan, u zavod 1944-yilda birinchi bor po'lat ishlab chiqara boshladi (unda har yili 30 ming t po'lat eritib olinardi). 1977-yildan boshlab har birining qudrati 250 ming t/ yilga teng bo'lgan beshta elektr pechi o'rnatilgan boshlandi. Uning hammasi ishga tushirilsa u 1 mln. 250 ming t/yil po'lat eritib bermoqda. Bu pech 120—250 V li o'zgaruvchan tokda ishlaydi. Pechning tashqi tomoni po'lat g'ilof bilan, ichki qismi esa o'tga chidamli magnezitli g'ishtlar bilan qoplanagan, gumbaz qismi esa xrommagnezitli g'ishtlardan qilingan, ostki qismi esa beshik oyog'iga o'xshashli bo'lib, tebranib turishga moslashtirilgan, unda eritilgan po'lat va shlakni to'kishgacha ag'darilishi mumkin. Gumbaz qismiga elektrodlar o'rnatiladi (52-rasm).

Shu elektrodlar va metall shixta yoki suyuq metall orasida elektr yoyi hosil bo'ladi.



52-rasm. Po'lat eritish uchun elektr yoy pechi.

Bunday pechda 1 t po'lat olish uchun 400—1000 kvts elektr energiyasi sarflanadi. Suyuqlantirish jarayonini intensivlash uchun toza kislorod ishlatiladi. Uning xomashyosi temir-tersaklardir.

Po'lat ishlab chiqarishning istiqbolli usullardan yana biri elektron nurlanishi yordamida po'lat ishlab chiqarish usulidir. Bu usul o'ta toza po'lat olish imkonini beradi. Unda po'lat suyuqlantirish yuqori vakuumli pechlarda (0,133Pa) olib boriladi. Bunda xom ashyoga elektron oqimi yuborilganda metallning qattiq sirtiga elektron oqimi kelib urilganda kinetik energiyaning issiqlik energiyasiga aylanishi natijasida ajralib chiqqan issiqlik po'latni suyuqlantiradi.

Hozircha laboratoriya usuli bo'lib turgan plazma holatiga keltirilgan ruda yoki temir-tersaklardan juda yuqori haroratda po'lat olish o'ta istiqbolli usul deb qaralmoqda. Bu usulda



domnalar ham, konvertorlar ham, elektr pechlari ham kerak bo'lmaydi. Biroq bu usulning juda katta energiya sarflashga asoslanganligi uni ishlab chiqarishga joriy etishga to'siq bo'lib turibdi.

Po'lat qo'llanish sohasiga qarab ikkiga: instrumental (turli asboblari, uskunalar, har xil qurollar yasash uchun) va maxsus (zanglamaydigan o'tga chidamli va boshqalar) po'latlarga bo'linadi. Tarkibiga qarab ham ikkiga: uglerodli va ligerlangan po'latlarga bo'linadi. Uglerodli po'latlarning xossasini belgilovchi eng muhim komponenti uglerod bo'lib, begona aralashmalari esa (0,3—0,8% Mn, 0,2—0,4% Si, 0,005% gacha R va 0,04% gacha C) uning xossalariga sezilarli ta'sir etmaydi. Bu po'lat tarkibidagi uglerodning miqdoriga qarab kam uglerodli (0,25% gacha C), o'rtacha uglerodli (0,25 dan ta 0,6% gacha C) va ko'p uglerodli (0,6 % C dan ko'p) po'latlarga bo'linadi. Kam uglerodli po'latdan u plastik bo'lganligi uchun bug' qozonlari, turli qalinlikdagi tunukalar, yumshoq simlar va boshqalar tayyorlanadi, o'rtacha uglerodlisidan relslar, qalin tunukalar, simlar, quvurlar va boshqalar tayyorlanadi, ko'p uglerodlisi asbobsoz po'lat bo'lib, turli-tuman asbob-uskunalar tayyorlash uchun ishlatiladi.

Ligerlangan po'latlar tarkibida ugleroddan tashqari maxsus ligerlovchi elementlar, masalan: W, V, Cr, Mo, Ni va boshqalar ushlaydi. Ulardan ayniqsa xrom keng qo'llaniladi. Ozgina (1—1,5%) qo'shilgan xrom ham po'latning qattiqligi va mustahkamligini uglerodli po'latga qaraganda keskin oshiradi va bunday po'lat avtomashina va traktorlarning turli qismlari, sharikopodshipniklar tayyorlash uchun ishlatiladi. Agar 12—17% gacha xrom qo'shilsa bunday po'lat zanglamaydi, 25—28% gacha xrom qo'shilsa po'lat o'tga chidamli bo'ladi. Agar unga xromdan tashqari yana nikel ham qo'shilsa xromnikelli po'lat (1,5% gacha Cr va to 4% gacha Ni) yuqori plastiklikka ega bo'ladi, mo'rtligi keskin kamayadi. Shuning uchun ham bunday po'lat porshenlar, tishli uzatgichlar (shesternalar) dvigatel vallari va boshqalar tayyorlash uchun ishlatiladi. Zanglamaydigan po'latdan (17—20% gacha Cr va 10% Ni) samolyot qismlari kimyo sanoati uskunolari, oshxona idishlari, pichoqlar, qoshiq-vilkalar va shu kabilar tayyorlanadi. O'tga chidamli po'lat (15—25% gacha Cr va 15—27% gacha Ni) esa gaz trubinalari, reaktiv va raketa dvigatellari va boshqalar tayyorlashda qo'llaniladi. Xrom molibdenli va xrom vanadiyli po'latlar (molibden va vanadiylar ozgina qo'shilsa ham) yuqori harorat va yuqori bosimda ham o'z mustahkamligini saqlab qoladi.

Bunday po'latlar maxsus sharoitlarda ishlovchi uskunalar (sintez kolonnalari, rektorlar, kompressorlar, quvurlar va boshqalar) tayyorlashda ishlatiladi. Xrom volframli po'latlar (4—5% Cr, 9—19% W) keskin, qattiq va issiqlikka chidamli bo'lib, kesuvchi asboblari, uskunalar tayyorlash uchun

sarflanadi. Marganetsli po'latlar (8—14% Mn) urilishga-zarbaga juda chidamli bo'lib, undan maydalagichlar, o'g'irlar, tegirmonlar, temir yo'l va tramvay strelkalari, krestovinalari tayyorlanadi.

Po'lat navlari shartli ravishda son va harflar bilan belgilanadi. Harf oldidagi son po'lat tarkibidagi uglerodning yuzdan nechadir foizi ulushini ko'rsatadi. Harflar ligerlovchi element borligini (ular X — xrom, M — molibden, N — nikel, G — marganets, V — volfram, F — vanadiy, T — titan, bilan belgilanadi) ko'rsatadi. Agar ligerlovchi element 1 % dan ortiq bo'lsa, u holda tegishli harf oldiga ligerlovchi elementning foizi ulishini ko'rsatuvchi son qo'yishadi.

## 5. 5. Po'latga termik va kimyoviy ishlov berish

Termik ishlov berish po'lat texnologiyasiga muhim operatsiya bo'lib, bunda yuqori haroratda qizdirilib so'ngra kerakli tezlikda sovitish yo'li bilan strukturasi va xossalari keskin o'zgartiriladi. Termik ishlov berishning har xil turlari bo'lib, muhimlari toblash va bo'shatishdir.

O'rtacha uglerodli va ko'p uglerodli asbobsoz po'latlarga qattiqlik berish uchun toblanadi. Buyum va asbob yuqori haroratda qizdiriladi, so'ngra neft moylariga tushurilib tez sovitiladi. Bunda uglerodning  $r$  — temirdagi qattiq eritmasi (austenit), o'ta to'yingan  $\delta$ - temirning qattiq eritmasiga (bu xildagi aylanish fazasiga martensit deyiladi) aylanadi. Martensit juda qattiq va mo'rt bo'ladi. Mo'rtligini yo'qotish va qattiqligini saqlab qolish uchun, po'lat buyum bo'shatiladi. Buning uchun u yana qayta 200—500° C gacha qizdirilib va yana sovitiladi. Bunda martensit qisman parchalanadi va parchalanish mahsulotlari (sementit va ferrit) bilan mayin dispersli aralashma hosil qiladi.

Po'latga mexanik ishlov berganda hosil bo'luvchi ichki kuchlanishni yo'qotish hamda yirikroq zarrachali barqaror struktura hosil qilish uchun po'lat (buyum) bo'shatiladi. Buning uchun yana uni toblash haroratigacha qizdirilib so'ngra sekin sovitiladi. Bunda po'latdagi barcha aylanishlar jarayoni to'liq kechadi.

Po'latga kimyoviy ishlov berilganda uning faqat yuza qismidagina o'zgarish sodir bo'ladi, ichki qismida o'zgarish bo'lmaydi. Po'lat yuzasining tarkibi va fizik xossalari o'zgaradi. Po'lat yuzasi yetarli darajada qattiq va yedirilishiga chidamli bo'lishi uchun, sementatsiyalanadi yoki azotirlanadi. Sementatsiyalash bu po'lat yuzasini uglerod bilan to'yintirib uni sementitga aylantirishdir. Buning uchun tayyor buyum metan gazi atmosferasida yoki yog'och ko'miri, soda va potoshdan iborat qattiq aralashma ichida qattiq qizdiriladi. Azotirlash bu po'lat yuzasini azot bilan to'yintirishdir.

Bunda azot temir va uning tarkibidagi *ligerlovchi* elementlari bilan birikib qattiq nitratlar hosil qiladi. Azotirlash uchun po'lat buyum, ammiak atmosferasida 500 — 600°C haroratda qizdiriladi. Natijada ammiakning dissotsiyalanishidan hosil bo'lgan azot po'latga diffuziyalanib birikadi va po'lat yuzasida 0,5 — 2 mm, qalinlikda juda qattiq nitratlar qavatini hosil qiladi. Po'lat buyumlarni issiqlikka chidamli qilish uchun uning yuzasi aluminiy bilan to'yintiriladi. Bu jarayon alitirlash deb ataladi. Buni amalga oshirish uchun po'lat buyum ferroaluminiy kukunida qizdiriladi.

## 5.6. Aluminiy ishlab chiqarish

Rangli metallar ichida qo'llanish ko'lamining kengligi va ishlab chiqarish hajmi jihatidan aluminiy birinchi o'rinni egallaydi. Aluminiy yengil ( $\rho = 2,7 \text{ g/sm}^3$ ), oson suyuqlanuvchi ( $t_f = 660^\circ\text{C}$ ), kukunsimon oq, yumshoq, yaltiroq metall 2500°C da qaynaydi. Elektr tokini juda yaxshi o'tkazadi. U juda plastik bo'lib, undan simlar, tunuka hamda yupqa aluminiy qog'ozlari (folgalar) yasash mumkin.

**Olinishi.** Aluminiy 1886-yilda Charlz M. Xol (AQSH) va Pol Eru (Fransiya) bir-biridan xabarsiz holda  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan elektroliz qilib olish usulini ishlab chiqdilar. Shu usulga binoan aluminiy, aluminiy oksidi ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) bilan kriolit ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) aralashmasi suyuqlanmasini elektroliz qilib olinadi. Aluminiy oksidini (glinoziomni) olish uchun aluminiyning turli rudalari: boksit, nefelin, alunit, kaolin va boshqalar ishlatiladi.

Boksit — tog' jinsi bo'lib, tarkibida 32—60 % (massa bo'yicha) gacha turlicha gidratlangan aluminiy oksidi  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  saqlaydi, yana 2—20 % gacha kremniy oksidi —  $\text{SiO}_2$  temir, titan, marganets, kalsiy, magniy oksidlari va boshqalarni saqlaydi. Uning yirik konlari Rossiya va Qozog'istonda joylashgan, O'zbekistonda ham uning konlari bor. Boksitli ionlar Farg'ona vodiysida, Boysunda va Karmana tog'larida joylashgan (o'rtacha sifatli konlariga Jaloyir, Nurota, Qizilbuloq, Qizilqumdagi Oktov konlarini ko'rsatish mumkin). Nefelin bu ishqoriy alyumosilkat bo'lib,  $(\text{Na}, \text{K})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{HONa}$  minerali shaklida yoki apatit-nefelinli rudalar shaklida uchraydi. Keyingisidan fosforli o'g'it olish uchun qayta ishlanib apatitli konsentrat olinadi. Qolgan chiqindisi — qoldig'i flotatsiyalanib, nefelinli konsentratga (tarkibida 30 % gacha  $\text{Al}_2\text{O}_3$  saqlaydi) aylantiriladi.

Alunit —  $(\text{Na}, \text{K})_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{Al}(\text{OH})_3$  rudasi tarkibida 20 % gacha  $\text{Al}_2\text{O}_3$  saqlaydi. O'zbekistonda alunit koni Ohangarondadir.

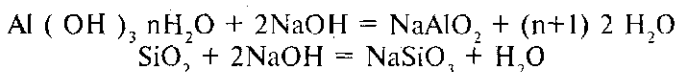
Kaolin —  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  rudasi toza holda kam uchraydi, tarkibida asosan, qum va boshqalar bilan ifloslangan holda keng tarqalgan

sarg'ish, qo'ng'ir rangli bo'ladi. Kaolin koni O'zbekistonda: Angrenda Oltintov va Buqatovdadir.

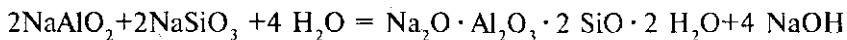
Ruda tarkibiga qarab glinazyomni( $Al_2O_3$ )ajratib tozalab olish uchun ishqoriy, kislotali va elektrotermik usullardan foydalaniladi.

Ho'l ishqoriy usul. 1886-yilda Rossiyada K. I. Bayer tomonidan kashf etilgan bo'lib, Bayer usuli ham deyiladi. Bu usul ruda tarkibidagi  $Al_2O_3$ ni ishqor bilan eritib eritmani eritmaydigan qo'shimchalardan ajratib olishga asoslangan. Bu usulda 5%gacha  $SiO_2$ saqllovchi boksitni qayta ishlash iqtisodiy jihatdan samarali bo'lib, bundan ortiq bo'lsa, anchagina  $Al_2O_3$  va NaOH yo'qotiladi.

Bu usulda aluminiy oksidini olish to'rt bosqichda amalga oshiriladi. Birinchi bosqichi xomashyoni tayyorlash. Bunda boksit dag'al maydalanadi va sharli maydalagichda ishlatilgan ishqor eritmasi ishtirokida yana maydalanadi (suyuqlikda maydalanadi), kukun holga keltirilib suspenziya hosil qilinadi. Ikkinchi bosqich boksitni eritish. Bu bosqichda boksit suspenziyasi ishlatilgan natriy aluminatli eritmada (aluminatli eritmada oksidga hisoblanganda 300 g/l  $Na_2O$  bo'ladi). 4—6 soat mobaynida avtoklavda 0,4 — 1,5 MPa bosimda issiq suv bilan 150—200<sup>o</sup> C qizdiriladi. Boksit ishqor ta'sirida eruvchan birikmaga aylanadi. Reaksiya jarayonida boksit tarkibidagi glinozyom va kremnezyom eritmaga o'tadi:



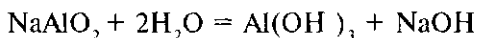
Pulpa avtoklavdan olinadi, yuvuvchi suv bilan suyultiriladi. ( $Na_2O$  ning konsentratsiyasi 150g/l bo'lguncha suyultiriladi). Natijada erimay qolgan qo'shimchalar qizil shlam (qo'shimchalar tarkibidagi temir oksidi unga qizil rang beradi) tarkibiga kirib, uning cho'kishini tezlashtiradi. Bundan tashqari, hosil bo'lgan natriy aluminatning  $NaAlO_2$  bir qismi natriy silikat —  $NaSiO_3$  bilan o'zaro ta'sirlashib, erimaydigan natriy aliyumosilikatga aylanadi:



Aliyumosilikat cho'kmasi qizil shlam bilan birga tindirgichlarda, so'ngra filtr eritmalaridan ajratiladi. Cho'kma suv bilan yuviladi, filtrat (yuvuvchi suv) esa pulpani suyultirishga yuboriladi.

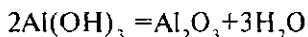
Ba'zan boksitni ishqorda eritishdan oldin boyitiladi, masalan, boksit tarkibidagi qum, tuproq kabi aralashmalar suv bilan yuviladi. Natijada boksit tarkibidagi begona aralashmalar ancha kamayadi. Uchinchi bosqich.

qayirish deyilib, unda to'xtovsiz aralashtirib turgan holda, 60—90 soat mobaynida suyultirilgan natriy aluminat eritmasining sekin-asta 60° dan 40° gacha sovitish yo'li bilan parchalantiriladi. Eritmadan natriy aluminatning gidrolizi reaksiyasi natijasida aluminiyning 50% ga yaqin qismi  $Al(OH)_3$  ko'rinishida cho'kmaga tushadi.

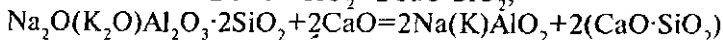
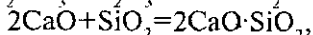
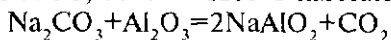


Qayirish oldidan eritmaga toza cho'ktirib olingan  $Al(OH)_3$  kiristallaridan qo'shiladi. U qo'r vazifasini o'taydi, ya'ni  $Al(OH)_3$  yaxshi filtrlanadigan shaklida tez cho'kishini ta'minlaydi. Pulpa tindirgichda tindiriladi va barabanli vakuum – filtrda filtrlanadi. Tarkibida gidrolizlanmay qolgan  $NaAlO_2$  va  $NaOH$  saqllovchi filtrat – qo'r eritma (matochniy rastvor) bug'lantiriladi. Boshlang'ich konsentratsiyaga (tarkibida  $Na_2O$  ning miqdori 30g/l bo'lguncha) kelguncha  $NaOH$  qo'shiladi va boksitni suyuqlikda maydalash va eritish uchun yuboriladi.

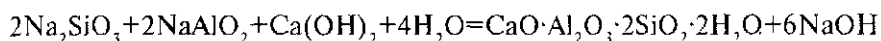
To'rtinchi bosqich qo'ydirish – kalsinatsiya bunda olingan  $Al(OH)_3$  cho'kmasi aylanuvchi barabanli pechlarda suyuq yoki gaz yoqilg'ilar yoqilib, 1200° C haroratda kuydiriladi-kalsinatsiyaladi.



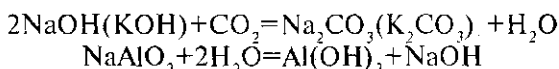
Natijada tarkibida 0,06—0,15% gacha  $SiO_2$  saqllovchi juda toza aluminiy oksidi – gilinozyom olinadi. Quruq ishqoriy usul. Amalda har qanday miqdorda va har qanday birikma shaklidagi aluminiy saqllovchi ashyolar qayta ishlashga yaroqli hisoblanadi. Shu jumladan tarkibida  $SiO_2$  ko'p bo'lgan boksit va nefelin rudalarini ham qayta ishlashga yaroqli. Bu usulda boksit ohaktosh va tarkibida soda saqllovchi qo'r eritma hamda oq shlam (alyumosilikat) bilan aralashtiriladi. Ular shunday nisbatlarda aralashtiriladiki, bunda 1 mol'  $Al_2O_3$  va bir mol'  $Fe_2O_3$  ga bir mol'  $Na_2CO_3$ , hamda bir mol'  $SiO_2$  ga ikki mol'  $CaCO_3$  to'g'ri keladi. Shunday nisbatlarda aralashtirib tayyorlangan shixta sharli maydalagichlarda yaxshilab maydalaniladi. So'ngra hosil bo'lgan suyuq pulpa forsunka orqali aylanuvchi barabanli kuydirish pechiga (pechning uzunligi 150 m, diametri 5m) solinadi. Shixta navbat bilan pechni quritish, parchalash, zarrachalarning bir-biriga yopishib yaxlitlanish va nihoyat sovush zonalarini orqali o'tadi. Yaxlitlanish (yopishish) jarayoni asosiy bosqich bo'lib, 1000 — 1200°C haroratda boradi.



Bu reaksiyalarning tezligi yuqori haroratda kalsiy aluminat va alyumosilikatlar hosil bo'lishi reaksiyasi tezligidan ancha kattadir. Kremnezyomning ozroq qismi  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  shaklida, temir oksidi esa  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  shaklida bog'lanadi. Hosil bo'lgan spek (suyuqlanib bir-biriga yopishgan aralashma) maydalaniladi va ishlatiladigan kuchsiz ishqor eritmasi bilan aralashtirilib turgan holda ishlov beriladi. Natijada natriy aluminat va qisman natriy silikat eritmaga o'tadi. Kremniyni butunlay yo'qotish uchun (kremniysizlash uchun) eritmaga ohakli suv qo'shiladi va avtoklavda  $150 - 160^\circ\text{C}$  haroratda qizdiriladi.



Hosil bo'lgan oq shlam (alumosilikat) cho'kmaga tushadi. Cho'kma tindirish va filtrlash yo'li bilan ajratib olinadi. Filtrat (eritma) esa speklash vaqtida hosil bo'lgan, tarkibida  $10 - 14\%$   $\text{SO}_2$  saqlangan tutun gazi bilan ishlov beriladi. Bunda natriy gidroksidi neytrallanganligi uchun natriy aluminiati gidrolizlanadi. Hosil bo'lgan  $\text{Al}(\text{OH})_3$  cho'kmaga tushadi.



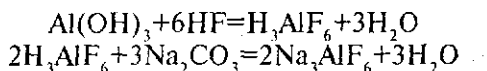
Bu usulda  $\text{NaOH}(\text{KOH})$  ni to'xtovsiz neytrallab turilishi sababli eritma holdagi aluminatni parchalash Bayer usuliga qaraganda ancha tez va to'liqroq bo'ladi.

Yopishish usulida gliozyom —  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ning unumi  $80\%$  ga yetadi. Ishqoriy ho'l usulda esa  $55\%$  bo'ladi. Bundan tashqari ancha arzon reagentlar:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  va  $\text{CaO}$  qo'llaniladi. Gliozyomning tannarxini chiqindilarini qayta ishlash yo'li bilan yanada arzonlashtirish mumkin. Buning uchun aluminiy gidroksid cho'kmasi filtrlab olingach, qolgan filtrat tarkibida agar xomashyo sifatida nefelin minerali olingan bo'lsa, natriy va kaliy karbonatlarini saqlaydi. Ularni kristallab filtratdan ajratib olinadi. Qolgan qismiga shlamga ohaktosh qo'shib qayta ishlash yo'li bilan uni portland-sementga aylantiriladi.

It  $\text{Al}_2\text{O}_3$  olganda chiqindisidan qo'shimcha 1 tonnaga yaqin soda va potash,  $7 - 8$  tonna sement olinadi. Ishlab chiqarishda biror xil chiqindining bo'lmasligi bu usulni juda samarali usul ekanligidan dalolat beradi, bu usul xomashyoni kompleks foydalanishga yaqqol misol bo'la oladi.

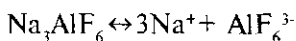
Aluminiy oksidini vodorod yoki biror metall bilan qaytarib olib

bo'lmaydi. Uglерod esa 2100°C haroratdagina qaytara boshlaydi, ammo bunday haroratda u aluminiy karbid hosil qiladi. Toza aluminiy oksidi elektr tokini o'tqazmaydi. 2050°C haroratda suyuqlanadi. Shuning uchun ham  $Al_2O_3$  suyuqlanish haroratini pasaytiruvchi hamda elektr o'tkazuvchanlik xossasini oshiruvchi qo'shimchalar qo'shmay turib amalda elektroliz qilib bo'lmaydi.  $Al_2O_3$  ni yaxshi eritadigan va uning suyuqlanish haroratini keskin kamaytiradigan modda sifatida kriolitdan  $Na_3AlF_6(3NaF \cdot AlF_3)$  foydalaniladi. Kriolit tabiatda kam tarqalgan. Shuning uchun ham uni aluminiy gidroksidiga plavik kislotasi va soda qo'shib sun'iy yo'l bilan olinadi.

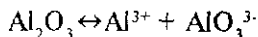


Kriolit 1000°C ga yaqin haroratda suyuqlanadi. Unda 8–10% aluminiy oksidi eriydi. Nazariy jihatdan ularning evtektik aralashmasi tarkibi 10%  $Al_2O_3$  va 90%  $Na_3AlF_6$  bo'lib, bunday aralashma 962°C da suyuqlanadi. Ishlab chiqarish sharoitida esa shixta, ya'ni aralashma tarkibi 8–10%  $Al_2O_3$  va 90–92%  $Na_3AlF_6$  dan iborat bo'ladi. Shixtaning suyuqlanish harorati 980–1000°C. Bunday aralashmaning elektr o'tkazuvchanligini oshirish hamda kriolit tarkibidagi dissotsilangan  $AlF_3$  ning o'rnini to'ldirish, ya'ni kompensatsiyalash uchun elektrolitga  $AlF_3$ ,  $SaF_2$  va  $MgF_2$  lar qo'shiladi.

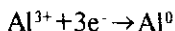
Suyuqlanmada kriolit ionlariga dissotsilanadi. Shuning uchun ham u elektrni yaxshi o'tkazadi:



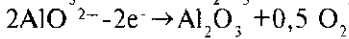
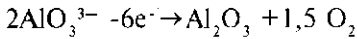
Hosil bo'lgan  $AlF_6^{3-}$  ioni  $Al^{3+}$  va  $F^-$  ionlariga qisman ajraladi. Elektroliz inert elektrodlarda (uglerodli) olib boriladi. Elektrliziorning ostida presslangan ko'mir bloklar qo'yilgan bo'lib, katod vazifasini bajaradi. Aluminiydan yasalgan ichi ko'mir briketi bilan to'latilgan karkaslar eletroliziorning yuqori qismiga o'rnatilgan bo'lib, anod vazifasini bajaradi. Suyuq  $Al_2O_3$  ionlarga ajaraladi.



Katodda birinchi navbatda  $Al^{3+}$  qaytariladi (normal potensiali — 1.66 V):

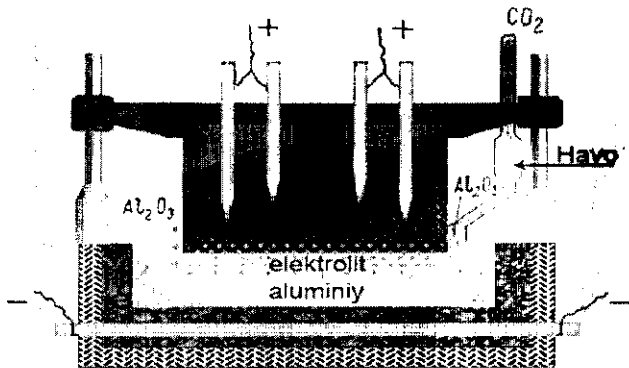


Anodda esa  $\text{AlO}^{2-}$  va  $\text{AlO}_3^{3-}$  ionlari zaryadsizlanadi.



Ajralgan  $\text{O}_2$  anod ko'miri bilan birikib, qo'shimcha reaksiyalarga sabab bo'ladi. Natijada anoddan chiqadigan gaz tarkibida  $\text{O}_2$  dan tashqari  $\text{SO}$  va  $\text{SO}_2$  ham bo'ladi. Katodda ajralgan Al metalining zichligi ( $c=2,73\text{g}/\text{sm}^3$ ) suyuqlanmanikidan ( $c=2.35\text{g}/\text{sm}^3$ ) katta bo'lganligi uchun elektrolizyorning ostida to'planadi. Ishlab chiqarishda kuydirilgan yoki o'zi quyuvchi anodli elektrolizyorlar qo'llaniladi (53-rasm).

Eni 3 m, qalinligi 1 m bo'lgan po'lat kojuxga (qoplamaga) o'rnatilgan anod (1) yuqori qismi anod romiga (2) mahkamlangan. Kojux ko'targichga (domkrat) (3) ulangan, uning yordamida yuqoriga ko'tarish yoki pastga



**53-rasm.** Anodga yuqoridan tok beruvchi uzluksiz o'zi quyuvchi anodli aiyuminiy suyuqlantirish uchun elektrolizyor. 1 — anod g'ilofi; 2 — anod ramasi; 3 — ko'targichlar; 4 — gaz yig'gich; 5 — uglerod (11) oksidini yoqish uchun gorelka; 6 — yarim suyuq anod massasi; 7 — qattiq anod massasi; 8 — po'lat mixlar; 9 — ko'mir blok va plitalar; 10 — o'tga chidamli g'isht; 11 — elektrolizyor g'ilofi; 12 — po'lat sterjin; 13 — elektrolitning qotgan po'stlog'i.

tushish mumkin. Kojuxga cho'yan qo'ngiroq (4) ham o'rnatilgan. Elektroliz paytida ajralib chiqqan gazlar glinozyom va kriolit changlari ventilyatsiya qurilmasi yordamida unda yig'iladi. So'ngra  $\text{CO}$  gorelkada (5) yoqiladi. Anodli kojuxga yuqori qismiga yarim suyuq holdagi plastik anod massasi (6) solinadi (anod massasi kulsiz neft koksi yoki pyok koksiga pyok qo'shib tayyorlanadi). Anodning ostki qismi yonib, kamayishi bilan



u pastga tushaveradi va yarim suyuq massa yuqori harorat ta'sirida kokslanib elektrni yaxshi o'tkazuvchi qattiq uglerodli anod massasiga (7) aylanadi. Tok o'tkazish uchun anodga po'lat sterjen (8) qoqiladi. Elektrolizyor tashqi tomoni po'lat bilan qoplangan kojuxdan (11), uning ustiga chidamli g'ishtdan qilingan devorlardan (10) iborat. Elektrolizyorning ostki va yon tomonlari ko'mir bloklar va plitalardan (9) iborat.

Tok berish uchun bloklar orasiga po'lat sterjen o'rnatiladi. Elektrolizyor devori yaqinida va elektrolit ustida elektrolitning qotgan po'stlog'i (13) hosil bo'ladi. Bu po'stloq ham issiqlikni izolyatsiyalaydi (o'tkazmaydi) va devorni elektrolitning yemirilishdan himoya qiladi. Aluminiy oksidi har ikki soniyada solinib turiladi. Buning uchun po'stloq teshiladi va qo'ng'iroq (4) ostidan tarnov orqali  $Al_2O_3$  solinadi. Zaharli gazlar atmosferaga chiqarib yuborishdan ilgari tozalanadi, fluor birikmalari esa ushlab qolinadi. Suyuq aluminiy sutkada bir marta elektrolizyordan olinadi. Buning uchun po'sloq teshilib, u teshikka quvur tushuriladi va mana shu quvur orqali tortib olinadi va turli shakllarda qoliplarga quyulib, quymalari olinadi.

Shunday elektrolizyordalarda tok kuchi 150 ming A bo'lib, 1 sutkada 1100 kg aluminiy ishlab chiqariladi. 1 tonna aluminiy ishlab chiqarish uchun 16—20 ming kVt. s. elektr energiyasi sarflanadi. Kuchlanish 4,2—4,5 V. Tok bo'yicha unumi 85—90%. Olingan aluminiy 99,5—99,8% li bo'ladi, uning tarkibida asosiy begona qo'shimcha temir va kremniydir. Zamonaviy aluminiy zavodlarida elektrolizyorlar seriyalar shaklida o'rnatiladi. Har bir seriya 150 ta elektrolizyordan iborat bo'ladi.

## VI bob. OLTINGUGURT VA SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQRISH

### 6.1. Oltingugurtning xossalari va tarqalishi, ishlatilishi

**Xossalari va tarqalishi.** Oltingugurt tabiatda keng tarqalgan. U yer qobig'ini massasining 0,5% ini tashkil etadi. Dengiz va okean suvlarida 1200—106 mln t oltingugurt, birikmalar shaklida suvda erigan holda bo'ladi. Oltingugurt sariq rangli kristall mo'rt modda. Suvda deyarli erimaydi, ammo ba'zi organik erituvchilarda eriydi, 444,6° C da qaynaydi. Zichligi = 2,07g/sm<sub>3</sub>. U kristall holda ikki xil —  $\alpha$  va  $\beta$  allotropik shakl o'zgarishga ega, oltingugurt tabiatda erkin holda (tug'ma oltingugurt), ham birikmalar shaklida uchraydi. Oltingugurtning yirik konlari AQSH, Italiya, Kanada, Yaponiya, Ukraina, Rossiyada joylashgan. O'zbekistonda Farg'ona va Muborakda oltingugurt konlari mavjud.

**Ishlatilishi.** Oltingugurt xalq xo'jaligining turli sohalarida ishlatiladi. Dunyoda ishlab chiqariladigan oltingugurtning 50 %ga yaqini sulfat kisloata olish uchun, 25 %ga yaqini kalsiy bisulfit olish uchun (oltingugurt yoqiladi, olingan CO<sub>2</sub> gazi ohak bilan ta'sir ettirilib Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> ga aylantiriladi, u yog'ochdan sulfit usulida selluloza ishlab chiqarishda ishlatiladi), qolgan qismi oltingugurtli bo'yoqlar, uglerod (IV) sulfid, gugurt ishlab chiqarishda, kauchukni vulkanlashda, qishloq xo'jaligida fungitsid sifatida, meditsinada va boshqalarda ishlatiladi.

**Olinish usullari.** Oltingugurt eramizdan ilgari II asrlardan boshlab vulkanik jins sifatida ma'lum bo'lgan. U birikmalar sulfidlar, sulfatlar shaklida, minerallar holida uchraydi. Tabiiy ko'mir, neft va oqsil moddalari tarkibida (ayniqsa soch, par, jun kreatinida ko'p bo'ladi) uchraydi.

Tug'ma oltingugurt tarkibida uning miqdori 30 %dan oshmaydi. Shuning uchun u boyitiladi. Ruda maydalanadi va kerosin bilan flotatsiyalanadi. Olingan konsentrat (80% S saqlaydi) 6 atm. bosimda suv bug'i bilan avtoklavda ishlov berilib, oltingugurt suyuqlantirib (oltingugurtning suyuqlanish harorati 112,8° C) ajratib olinadi. Shunday yo'l bilan 98,6—99,3%li sof oltingugurt olinadi. Oltingugurt to'g'ridan to'g'ri yer ostiga 170° C gacha qizigan bug' yuborish orqali ham suyuqlantirib olinadi.

Oltingugurt mis rudalariga (mis rudasi asosan pirit — FeS<sub>2</sub> dan va kamroq xalkopirit — CuFeS<sub>2</sub> dan iborat) koks qo'shib qizdirish orqali olinadi. Bunda, pirit qizdirilganda parchalanadi:  $2\text{FeS}_2 = 2\text{FeS} + \text{S}_2$

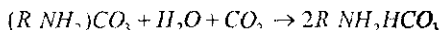
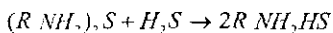
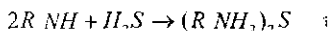
FeS ning oksidlanishidan hosil bo'lgan SO<sub>2</sub> gazi esa koks bilan qaytarilib oltingugurt hosil qiladi.

## 6.2. Vodород sulfiddan oltingugurt ishlab chiqarish

Oltingugurt yana  $H_2S$  ni chala oksidlash yo'li bilan ham olinadi. Bu usulda oltingugurt olish Fransiya, Rossiya va O'zbekistonda keng tarqalgan.

**Vodород sulfiddan oltingugurt ishlab chiqarish.** Ayrim gaz konlaridan chiqadigan tabiiy gaz tarkibida ma'lum miqdorda (Orenburg, Astraxan gazlarida 6—29% gacha, Muborak gazlarida 5% gacha  $H_2S$  bo'ladi) vodород sulfid gazi bo'ladi. Vodород sulfid zaharli bo'lgani uchun bunday gazlardan foydalanib bo'lmaydi. Tabiiy gaz tarkibidan  $H_2S$  ni ajratib olinsa, so'ngra tozalangan gazdan foydalanish mumkin. Tabiiy vodород sulfidli gazlarni  $H_2S$  dan gaz oltingugurti olish texnologiyasi ancha takomillashgan bo'lib, shu usulga asoslangan yirik gaz oltingugurti zavodi Muborak shahrida 1974-yilda qurilib ishga tushirildi. U zavod yiliga 500 ming t oltingugurt ishlab chiqarmoqda. Vodород sulfidli tabiiy gazlar maxsus qurilmalar yordamida mono- va dietanolamin bilan absorbsiyalab tozalanadi.

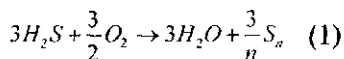
Gaz absorbent eritmasi (18,25%li) bilan to'qnashganda quyidagi kimyoviy reaksiyalar ketadi:



Bunda,  $R = HO-CH_2-CH_2$  guruhidir.

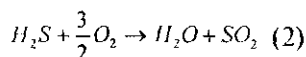
Absorbsiyalangan gazlar 120—125° C haroratda to'liq desorbsiyalab ajratib olinadi. Olingan  $H_2S$ dan oltingugurt ajratib olinadi. Vodород sulfiddan oltingugurt olish jarayoni.  $H_2S$  ni havo kislorodi bilan chala oksidlash Klaus usuliga asoslangan bo'lib, ikki bosqich, termik va katalitik bosqichlarda iboratdir.

Termik bosqichda  $H_2S$  yuqori haroratda yoqiladi, katalitik bosqichda esa  $H_2S$  chala oksidlanadi, bu reaksiyani umumiy holda quyidagicha yozish mumkin:

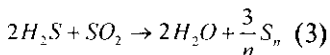


$n$  — oltingugurt atomlari soni,  $u$  reaksiya haroratiga bog'liq (2tadan 8 tagacha). Bu reaksiya (1) ikki bosqichda boradi.

Birinci bosqichda reaksiya pechiga kelgan  $H_2S$  ning uchdan bir qismi  $SO_2$  gacha oksidlanishiga yetadigan miqdorda havo bilan aralashtirib yoqiladi:



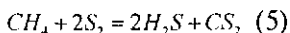
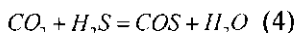
Bir vaqtning o'zida oksidlanmay qolgan uchdan ikki qismi  $H_2S$  (2) reaksiyada hosil bo'lgan  $SO_2$  bilan birikib oltingugurtga aylanadi:



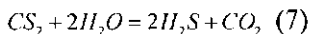
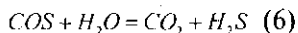
X n-ning soniga qarab 11,25 dan 35 ming kkal/kmolgacha bo'ladi. Bu (3) reaksiyada S ni konversiyasi 55% ga yaqin bo'ladi.

Ikkinchi bosqichda yuqoridagi reaksiyalar natijasida olingan gazlar aralashmasi kondensatorlarda sovitilib S kondensatlanib ajratib olinadi. Qolgan gazlar qizidiriladi va ikkinchi katalitik bosqich bo'yicha (3) reaksiya davom ettiriladi. Hosil bo'lgan S kondensatorlarda ajratib olinadi.  $H_2S$  ning konversiyasi 92%gacha boradi. Qolgan qismi yoqilib, tutun chiqarish mo'riolari orqali atmosferaga chiqarilib yuboriladi.

Nordon gazlar tarkibida  $H_2S$  dan tashqari qo'shimcha sifatida  $SO_2$ , uglevodorodlar bo'ladi. Bu qo'shimchalar yoqish bo'limasida quyidagi reaksiya bo'yicha mahsulotlar hosil qiladi:



Hosil bo'lgan uglerod sulfoksid va uglerod sulfidlar **gidrolizga uchraydi**.

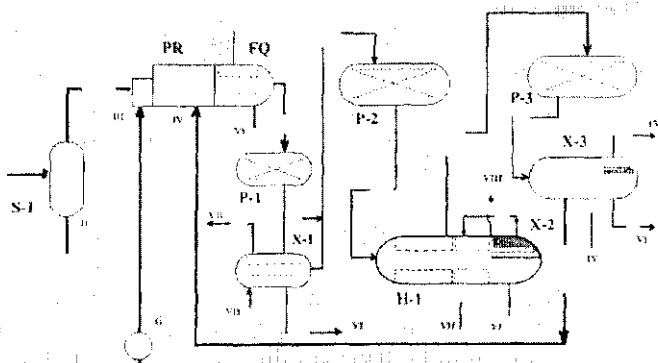


Bu reaksiyalar natijasida hosil bo'lgan  $H_2S$  (3) reaksiya bo'yicha oltingugurtga aylantirilishi mumkin.

Oltingugurt ishlab chiqarishning Klaus qurilmasining texnologik sxemasi 54-rasmda berilgan.

Klaus qurilmasi ikki xil: termik va katalitik bosqichlardan iborat. Katalizator sifatida boksitlardan foydalaniladi. Tabiiy boksit asosan aluminiy gidroksidi va temir oksidlaridan iborat. Uning tarkibida  $CO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $MnO$ ,  $P_2O_5$  va boshqalar ham bo'ladi. Hozirgi kunda boksit o'rniga aktivlangan aluminiy oksidi ( $Al_2O_3$ ) keng qo'llanmoqda. Termik bosqichda gaz yoqish bo'limiga borishdan oldin suyuqlik tomchilardan ajratib tozalash uchun kiritish separatori S-1 orqali o'tkaziladi. Nordon gazlardagi ( $H_2S$ :  $SO_2$ ) vodorod sulfidning konsentratsiyasini nazorat qilish uchun gaz separatorida (S-1) chiqayotgan joyda oqimli gazanalizator o'rnatiladi.

Gazlarning yonishini ta'minlash uchun yoqish bo'limiga nasos



**54-rasm.** Mubarak gazni qayta ishlash zavodi oltingugurt ishlab chiqarish qurilmasining sxemasi. S=1 — kiritish separatori; PR — pech-reaktor; FQ — foydalanish qozoni; P-1, P-2, P-3 — reaktorlar; K-1, K-2, K-3 — kondensatorlar; I — issiqlik almashtirgich; Q — qizdirgich, F-filtr; G — gaz purkagich; I — nordon gaz, II — suyuqlik tomchilari; III — havo, IV — yuqori bosimli havo, V — yuqori bosimli suv bug‘lari, VI — gaz oltingugurti, VII — past bosimli suv, VIII — past bosimli suv bug‘i, IX — chiqqan ketuvchi gazlar.

yordamida bosim bilan havo yuboriladi. Havo filtr va qizdirgich orali o‘tadi. Havoni qizdirishdan maqsad  $H_2S$  ning g‘ayri ixtiyoriy yonib ketishini hamda gaz quvurlarini korroziyalanishini oldini olishdir, chunki  $H_2S$  yonganda  $SO_3$  hosil bo‘lishi ham mumkin va u suv bug‘lari ishtirokida past haroratda sulfat kislotasiga aylanadi.

Havoning sarflanishini foydalanish qozonidan (FQ) chiqayotganda nordon gazlar miqdori ( $H_2S:SO_3$ )ning nisbatiga bog‘liq holda to‘g‘rilab turiladi. Gazlar pech-reaktordan (PR) o‘tgach yonish mahsulotlari foydalanish qozonining quvurlari majmuilaridan o‘tib,  $500^{\circ}C$  gacha soviydi. Bunda oltingugurt bug‘lari qisman kondensatlanadi. Olingan oltingugurt maxsus eshikcha orqali uskunadan chiqarib olinadi. Foydalanish qozonidan esa yuqori bosimli bug‘ ( $p=2,1$  MPa) olinadi. Foydalanish qozonidan chiqqan yonish mahsulotlari katalitik reaktor konvertorga (R-1) o‘tadi, u yerda  $H_2S$ ,  $CO_2$  lar gidrolizga uchraydi.

Konvertordagi boradigan reaksiya ekzotermik bo‘lganidan katalizator yuzasida harorat taxminan  $30-60^{\circ}C$  gacha ko‘tariladi. Bu holat oltingugurtning suyuq cho‘kmasini hosil bo‘lishiga to‘sqinlik qiladi, aks holda katalizator yuzasiga tushib, uning aktivligini kamaytirgan bo‘lardi. Konvertordagi bunday harorat qo‘shimcha reaksiya mahsulotlarini ( $COS$  va  $CS_2$ ) parchalanishini ham ta‘minlaydi. Gazning asosiy qismi 90 %ga yaqini reaktordan sovitish uchun kondensatorga X-1 quvurlari oralig‘iga

o'tadi, so'ngra R-2ga o'tadi. Kondensator X-1 dan quvurlararo bo'shliqda suvning bug'lanishi natijasida issiqlik olinib turiladi va bunda past bosimli ( $P=0,4$  MPa) bug' olinadi. Gazning X-1 da sovitishdan oltingugurt kondensatlanadi. Suyuq oltingugurt maxsus eshikchadan chiqarib olinadi va gabsizlantirish bo'limiga yuboriladi. Gazning taxminan 10 %i kondensator X-1 ga kirmay, shu kondensatordan chiqqan ancha sovigan gaz bilan qo'shiladi. Aralashmaning harorati reaktorga R-1 kirishdan oldin  $225^{\circ}\text{C}$  ga yaqin bo'ladi. Reaktorlarda R-1, R-2, R-3 (ishga tushirish davrida va oltingugurt yonganda) haroratni to'g'rilab turish uchun ularga past bosimli bug' va azot yuborish ko'zda tutilgan. Uskunalar normal ishlaganda X-2 dan chiqqanda  $191^{\circ}\text{C}$  va R-1 dan chiqqanda gazlar harorati tegishli  $312^{\circ}\text{C}$  bo'ladi. X-2 aparatida issiqlik uning quvurlari oralig'ida suvning bug'lanib past bosimli bug' hosil bo'lishi hisobiga olinib turiladi, gazlar R-2 X-2 ga, undan R-3 va nihoyat R-3 dan chiqqach sovitish uchun X-3 kondensatoriga boradi, u yerdan  $130^{\circ}\text{C}$  harorat bilan chiqib tozalashga yuboriladi.

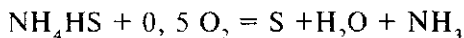
Chiqib ketuvchi gazlarda  $\text{H}_2\text{S}$ , va  $\text{CO}_2$  ning konsratsiyasini nazorat qilish uchun X-3 dan chiqish joyida gaz analizatorlari o'rnatiladi, chiqib ketuvchi gazlar bilan suyuq oltingugurning olib ketilishini oldini olish uchun uning yo'liga koagulyator qo'yiladi. Koagulyatorda oltingugurtning qotib qolishini oldini olish uchun unga vaqt-vaqti bilan suv bug'i yuborib turiladi.

Kondensatorlardan chiqarib olinadigan oltingugurt oqimi tarkibida 0,02 — 0,03 % (massa bo'yicha) vodorod sulfid saqlaydi. Oltingugurt gabsizlantirilgandan so'ng vodorod sulfid konsratsiyasi unda 0, 0001% gacha kamayadi. Agar suyuq oltingugurt tarkibida erigan  $\text{H}_2\text{S}$  ni chiqarib yuborilmasa u portlashi hamda zaharlanishi mumkin. Shuning uchun ham u gabsizlantiriladi. Olingan tayyor toza oltingugurt ikki agregat holatda suyuq va qattiq kristall holatlarda ishlab chiqariladi.

Oltingugurtni gabsizlantirish (uning tarkibidagi erigan gazlarni chiqarib yuborish) maxsus blokda oltingugurtli usti yopiq chuqurda (o'rada) amalga oshiriladi. Buning uchun oltingugurtli chuqurda suyuq oltingugurtni sachratuvchi ikkita nasos o'rnatilgan bo'lib, nasos oltingugurtni purkab sachratadi. Natijada  $\text{H}_2\text{S}$  oson ajralib chiqadi va chuqurning tepasidan maxsus gaz chiquvchi quvur orqali mo'rilarga borib atmosferaga chiqib ketadi. Klaus usulida oltingugurt ishlab chiqarilganda 8% gacha  $\text{H}_2\text{S}$  konversiyaga uchramay qoladi. Uni 20% li dietanolamin eritmasi orqali o'tkazib, qisman ushlab qolinadi, qolgan qismi mo'rilarda yoqib atmosferaga chiqarib yuboriladi. Bu esa atmosfera havosini bir muncha ifloslanishiga olib keladi.

Keyingi yillarda atmosferaga chiqarib yuboriladigan gazlar tarkibidagi

H<sub>2</sub>S ni ushlab qolishning samarali usullari kashf qilingan. Masalan, AQSHda ishlab chiqarilgan «sulfoks jarayon» usulini olaylik. Bu usulda H<sub>2</sub>S aylanib, «sirkulyatsiyalanib» turuvchi ammiak eritmasi bilan ushlab qolinadi, hosil bo'lgan ammoniygidrosulfidi qizdirilib, havo bilan aralashtirilib, sulfidlarni oltingugurtga aylantiruvchi katalizator orqali o'tkazib turiladi.



Bu usul gazlar tarkibidagi H<sub>2</sub>S miqdorini 100 dan to 0,1 mg\m<sup>3</sup> gacha kamaytiradi hamda chiqindi gazdan oltingugurt olish imkonini beradi. Bu usul Klaus usuliga nisbatan iqtisodiy jihatdan 1,5 marta foydali hisoblanadi. «Sulfoks jarayon» usulini gazdan oltingugurt ishlab chiqarish zavodlarida qo'llash ham iqtisodiy, ham ekologik jihatdan foydali hisoblanadi.

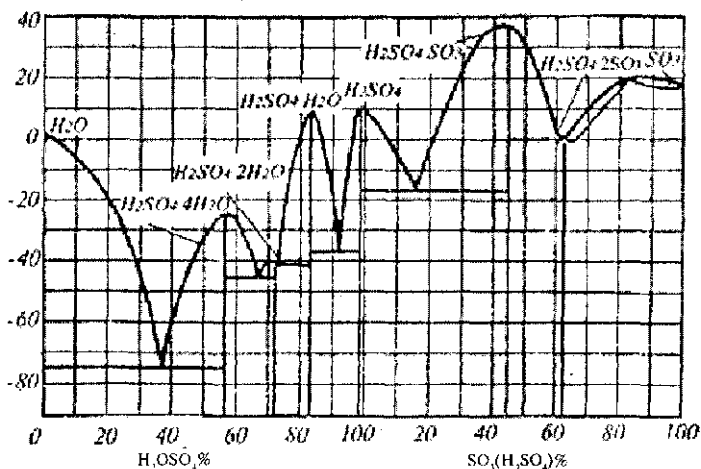
### 6.3. Sulfat kislota ishlab chiqarish

**Kossalari.** Kimyoviy toza sulfat kislota (monogidrat) og'ir, moysimon, rangsiz, hidsiz suyuqlik bo'lib, 96% li (massa bo'yicha) zichligi 1,84 g/sm<sup>3</sup>, 104,6°C da qotadi – muzlaydi va 338,8° C da qaynaydi. Suv bilan cheksiz miqdorda aralashadi, bunda ko'p issiqlik ajralib chiqadi. Suvda eriganda 3 xil gidratlar hosil qiladi.

(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·4H<sub>2</sub>O)SO<sub>3</sub> ham sulfat kislota monogidratida n molekula erib, eritma — oleum hosil qiladi. Oleum havoda tutaydi, chunki undan SO<sub>3</sub> desorbsiyalanib turadi.

Sulfat kislota monogidrat olti xil konsentratsiyali gidratlar hosil qila oladi. Ular individual kimyoviy birikmalar bo'lib, qattiq holatlarda bir-birida erimaydi, balki evtetik aralashma hosil qiladi. Ularda SO<sub>3</sub> ning massa ulushi 0 %dan 64,35 %gacha bo'ladi. 64,35 %dan 100 %gacha SO<sub>3</sub> saqlasa, bunday konsentratsiyali oleum muzlaganda qattiq eritma hosil qiladi (55-rasm).

Shuning uchun ham qish paytida SO<sub>3</sub> ning konsentratsiyasiga yaqin konsentratsiyali kislota ishlab chiqarish mumkin emas, chunki bunday eritmadan kristall cho'kish va kislota quvurlarini, omborlarini, nasoslarini, isitiladigan uskunalarni to'ldirib, to'sib qolishi mumkin. Ishlab chiqariladigan barcha kislota turlari evtetik aralashmaga yaqin bo'ladi. Sulfat kislota quyidagi turlari sanoatda ishlab chiqariladi: kuporos moyi va akkumulyator kislota 92—93 %li, oleum — 20,65 %li, mineral



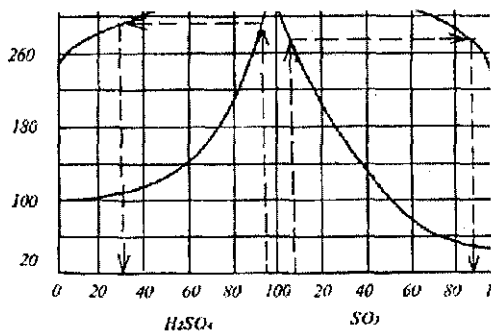
55-rasm.  $H_2OSO_3$  sistemaning kristallanish diagrammasi.

kislota 75 %li. 98,3 %li sulfat kislota azeotrop aralashma bo'lib, uning qaynash va bug'larning kondensasiyalanish haroratlari bir xildir, ya'ni  $336,8^\circ C$  (56-rasmda suyultirilgan sulfat kislotasining va suvsiz  $SO_3$  ning sulfat kislotada qaynash diagrammasi berilgan).

Bu diagrammadan oltingugurt (VI) oksidini adsorbsiyalashda — sulfat kislotaga aylantirishda suyultirilgan sulfat kislota eritmasini qizdirib konsentratsiyasini oshirishda foydalaniladi. Diagrammadan ko'rinib turibdiki, 85 %li suyuq sulfat kislota  $200^\circ C$  gacha qizdirilganda suv bug'lanadi, bug' tarkibida kislota deyarli bo'lmaydi, 93 %li kislota qizdirilganda esa

bug' tarkibi suyuqlik tarkibidan farq qilmaydi. Shu sababli kislota konsentratsiyasini qizdirish yo'li bilan oshirganda 92 %li bo'lguncha oshiriladi.

Harorat yana ham oshirilib borilsa, sulfat kislota bug'lari  $SO_3$  va  $H_2S$  ga, so'ngra esa  $SO_3$  to  $SO_2$  va  $O_2$  gacha dissotsiyanadi.  $400^\circ C$  dan yuqori haroratda bug' tarkibida  $SO_3$  ning miqdori ko'p bo'ladi.  $700^\circ$



56-rasm. Atmosfera bosimida  $H_2O-SO_3$  sistemasining qaynash diagrammasi.

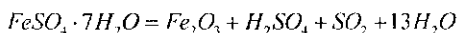


C da esa  $\text{SO}_2$  ning miqdori ko'payadi.  $900^\circ\text{C}$  dan yuqorida  $\text{SO}_2$  to'liq  $\text{SO}_3$  va  $\text{O}_2$  ga ajraladi. Bosim pasaysa yoki qaytaruvchilar ta'sirida, masalan S ta'sirida, dissotsiatsiyalanish darajasi ham ortadi.

Konsentrlangan sulfat kislota kuchli oksidlovchi hamdir. Uning metallar bilan ta'siri konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi. Konsentrlangan kislota oltin va platinadan boshqa barcha metallar bilan reaksiyaga kirishadi, bunda vodorod ajralib chiqmaydi, balki sulfat kislotaning qaytarilish mahsulotlari ( $\text{SO}_2$ , S,  $\text{H}_2\text{S}$ ) tuz va suv hosil bo'ladi.

U suv bilan gidratlar hosil qilish xossasiga ega bo'lganligidan, suvni shiddatli tortib oladi. Kuchli gigroskopik moddadir. U hatto boshqa kislotalardan, tuzlarni kristallogidratlaridan, hatto uglevodorodlarning kislorodli hosilalaridan (unda vodorod va kislorod suv shaklida bo'lmasa ham) suvni tortib oladi. O'simlik va hayvonot to'qimalari kraxmal, qand va selluloza kabi moddalarni yemiradi. Ulardan suvni tortib olgach qorayib uglerod qoladi. Suyuq kislotada esa selluloza va kraxmal glyukoza hosil qilib parchalanadi. Odam terisiga konsentrlangan kislota tegsa kuydiradi.

**Ishlab chiqarish usullari.** Sulfat kislota X asrdan boshlab olinib kelinmoqda. U temir kuporosini yoki achchiqtoshni qattiq qizdirish natijasida olingan. Hosil bo'lgan



og'ir moysimon suyuqlik sulfat kislota kuporos moyi deb atalgan.

XV asrda alximiklar oltingugurt va selitra aralashmasini yoqib sulfat kislota olish mumkinligini aniqlaganlar. Shu usulda 300 yildan ko'proq vaqt mobaynida sulfat kislota oz miqdorda shisha kolbalar va retortalarda faqat laboratoriyalardagina olingan. XVIII asr o'rtalarida sulfat kislotaga chidamli material – qo'rg'oshin topilgach, sulfat kislota qo'rg'oshin idishlar – kameralarda sanoat miqyosida olina boshlangan. Bunday usul kamerali usul deb ataldi. Bu kameralarda oltingugurt va selitra aralashmasi yoqilgan. Bunda hosil bo'lgan sulfat angidrid kameraga quyilgan suv yoki kislota eritmasida yutiladi. Keyinchalik selitra o'rniga nitrat kislota va kameralar o'rniga minorallardan (XX asrning boshlarida) foydalaniladigan bo'lindi. Shuning uchun ham kamerali usulni nitrozali yoki minorali usul deb ataladigan bo'lindi. Nitrozali usulda katalizator rolini azot oksidlari o'ynaydi. Oksidlanishi suyuq fazada nasadkali minoralarda olib boriladi.

XIX asrning boshlarida  $\text{SO}_2$  ni platina katalizatori ishtirokida  $\text{SO}_3$  ga oksidlash mumkinligi aniqlandi. XIX asrning oxirlari XX asrning boshlarida bu usul kontakt (gazning katalizator bilan to'qnashuviga asoslanganligi uchun) usuli deb atalib, sanoatda qo'llanila boshlandi.

Nitrozali usulda olinadigan sulfat kislotaning sifati pastligi, 75% dan yuqori konsentratsiyali kislotaga olib bo'lmazligi,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$  kabi gazlarning atmosferaga chiqarib yuborilishi tufayli atmosferaning zaharlanishi kabi kamchiliklar bu usulni kontakt usuli tomonidan siqib chiqarishiga sabab bo'ldi. Sobiq SSSR da 1975-yillardan boshlab faqat kontakt usuli bilan sulfat kislotaga ishlab chiqarish bo'lmalari qurila boshlangan edi. Hozirgi paytda ishlab chiqarilayotgan sulfat kislotaning 95% ga yaqini kontakt usulida ishlab chiqarilmoqda.

Sulfat kislotaga qanday usulda ishlab chiqarilishidan qat'i nazar birinchi bosqich oltingugurtli ashyolarni kuydirib  $\text{SO}_2$  olishdir. So'ngra uni tozalab  $\text{SO}_3$  gacha oksidlantiriladi va suvga yuttirib kislotaga aylantiriladi.

**Ishlatilishi.** Sulfat kislotaning aktivligi va nisbatan arzonligi uning qo'llanish sohalari juda kengayib ketishiga olib keldi. Sulfat kislotaga yoki uning hosilalari qo'llanilmaydigan biror bir sohani topish qiyin. Anorganik moddalar ichida eng ko'p ishlab chiqariladigan sulfat kislotadir.

Sulfat kislotaga ko'p miqdorda o'g'it sanoatida: ammoniy sulfat, superfosfat va boshqalarni ishlab chiqarishda ishlatiladi. Yana yirik ishlatiladigan sohalari: neft mahsulotlarini tozalash, toshko'mir smolasini qayta ishlash, ko'p kislotalar (masalan, ortofosfat, sirka, fluorid va boshqalar) va tuzlar olish, rangli va nodir metallar ishlab chiqarish, po'latdan yasalgan buyumlarni bo'yash, nikellash, xromlashdan oldin ishlov berish, lak va bo'yoqlar olish, dori-darmonlar olish va boshqalardir.

Sulfat kislotaga turli organik sintezlarda ishlatiladi. Undan etanol va boshqa spirtlar, ba'zi efirlar, sintetik yuvish vositalari, pestitsidlar, bo'yoqlar, saxarin, plastmassalar olishda foydalaniladi. Uning tuzlari sun'iy ipak ishlab chiqarishda, to'qimachilik sanoatida, tola yoki gazlamalarni bo'yashdan oldin ishlov berishda ishlatiladi. Oziq-ovqat sanoatida kraxmal, patoka va boshqa mahsulotlarni olishda ham ishlatiladi. U yana akkumulyator tayyorlashda, gazlarni quritishda, kislotalarni konsentrlashda, nitrolash reaksiyalarida, portlovchi moddalar ishlab chiqarishda, ionlarni regeneratsiyalashda va boshqa ko'pgina sohalarda ishlatiladi.

Sulfat kislotaga Rossiyada 1913-yilda 0,15 million tonna ishlab chiqarilgan bo'lsa, 1990-yilga kelib 25 million tonnaga yetkazildi. O'zbekistonda sulfat kislotaga ishlab chiqarish 1941-yil urushidan keyin boshlandi va 1950-yilda 73 ming tonna ishlab chiqarildi. 1990-yilga kelib esa bu ko'rsatkich 2,5 million tonnaga yetkazildi.

Hozirgi kunda O'zbekistonda 4ta sulfat kislotaga ishlab chiqarish korxonalari: Chirchiq elektroximprom ishlab chiqarish birlashmasi, Samarqand (1954-yil), Oltintopgan (1965-yil) va Olmaliq (1980-yil) kimyo zavodlari ishlab turibdi. O'zbekiston sulfat kislotaga ishlab chiqarish bo'yicha

1985-yildayoq jahonning ko'pgina mamlakatlaridan, masalan, Bolgariya, Vengriya, Ruminiya, Chexoslovakiya, Yugosloviya davlatlaridan o'zib ketdi.

#### 6.4. Oltinugurt (IV) oksidini ishlab chiqarish

$\text{SO}_2$  — rangsiz, o'tkir hidli (yonayotgan oltinugurt hidini eslatadi) gaz. 100%  $\text{SO}_2$  atmosfera bosimida — 10,09° C da suyuq holga o'tadi, 70° C da qotadi. Juda zaharli bo'lib, chegaraviy xavfli konsentratsiya (ChXK) miqdori 0,005 mg/m<sup>3</sup>, ishlab chiqarish binolarida esa 10, mg/m<sup>3</sup> ga teng.

*Xomashyo.*  $\text{SO}_2$  olish uchun asosiy xomashyo — oltinugurtli moddalar va tarkibida S saqlovchi sanoat chiqindilaridir. Rossiyadada  $\text{SO}_2$  olish uchun xomashyo temir kolchedani  $\text{FeS}_2$ , vodorod sulfid  $\text{H}_2\text{S}$  va oltinugurtidir. Keyingi yillarda rangli metallurgiya sanoatining chiqindi gazlari tarkibidagi  $\text{SO}_2$  ni olish keng quloch yoymoqda. Rossiyada ishlab chiqariladigan sulfat kislolaning 30% ga yaqini temir kolchedanini kuydirishdan hosil bo'ladigan gazdan olinadi. 35% ga yaqini esa toza oltinugurtidan ishlab chiqariladi.

Pirit tarkibida nazariy jihatdan olganda 53,46 % oltinugurt saqlaydi. Tabiiy kolchedan har doim tarkibida begona arashlama sifatida mis, rux, nikel, kumush, qo'rg'oshin, mishyak, surmaning oltinugurtli birikmalari, turli sulfat va karbonatli tuzlar, kvars, silikatlar va boshqalar saqlaydi va o'z navbatida u shu metallarni olish uchun xomashyo hamdir. Rangli metallarning sulfidlarini ajratish uchun ruda maydalanadi va flotatsiyalanadi. Natijada rangli metall sulfidlarining konsentranti olinadi: qolgan qoldig'i asosan tarkibida 45—50 % oltinugurt saqlovchi boyitilgan piritdan iborat bo'lib,  $\text{SO}_2$  olish uchun yoqiladi.

Olingan rangli metall konsentratlari metallurgiya zavodlarida kuydirilib metallar ajratib olinadi. Bunda chiqindi gaz sifatida 3% gacha  $\text{SO}_2$  ajralib chiqadi va havoni, atrof muhitni zaharlaydi. Keyingi yillarda shu chiqindi gazdan ham sulfat kislota ishlab chiqarish yo'lga qo'yilmoqda. Shunday yo'l bilan 1 tonna mis olganda ajralib chiqqan  $\text{SO}_2$  dan 10 tonnadan ko'proq sulfat kislota olish mumkin. Buning uchun  $\text{SO}_2$  ni konsentratsiyasini oshirish kerak bo'ladi. Hali ayrim rangli metallurgiya zavodlaridagina  $\text{SO}_2$  konsentratsiyasini oshiruvchi qurilmalar o'rnatilgan xolos. Kelajakda rangli metallurgiya zavodlarining chiqindi  $\text{SO}_2$  gazini to'liq ushlab olish va undan foydalanish ishlarining loyihalari ishlab chiqilmoqda. Bu rudadan kompleks foydalanish bo'lardi va atrof muhitni ifloslanishning oldi biroz bo'lsa-da olinardi (70-rasmga qarang).

$\text{SO}_2$  olish uchun eng yaxshi ashyo bu toza oltinugurtidir. U yoqilganda massa ulushi yuqori bo'lgan va zararli qo'shimchalari kam bo'lgan  $\text{SO}_2$  olinadi. Ammo  $\text{FeS}_2$  kolchedandan bir necha marta qimmat turadi

hamda u boshqa ishlab chiqarishlar uchun qimmatbaho kimyoviy ashyo hamdir. Ko'mir yoqiladigan korxonalar, yoritish tarmoqlarining mo'rilaridan atmosferaga chiqarib yuboriladigan gazlar tarkibida anchagina  $SO_2$  bo'ladi. Chunki toshko'mir tarkibida 1–3% gacha oltingugurt saqlaydi. Keyingi yillarda atrof muhitning tozaligiga biroz e'tibor kuchaytirilganligi sababli mo'rilardan chiqarilgan gazlarni zaharsizlantirishning adsorbsiya-desorbsiya usullari ishlab chiqilgan. Bunda  $SO_2$  ushlab qolinadi va sulfat kislota ishlab chiqarish uchun ishlatilishi mumkin. Ammo kislotaning tannarxi piritdan olingan kislotaga nisbatan bir necha marta qimmatga tushadi. Shu sababli u kam qo'llanilmoqda. Keyinchalik  $SO_2$  ni ushlab qolish va uni tozalab  $H_2SO_4$  ishlab chiqarish uchun foydalanishning takomillashgan usullari topilgach keng qo'llanila boshlanadi. Dunyo bo'yicha atmosferaga chiqarib yuboriladigan  $SO_2$  ning miqdori, dunyoda ishlab chiqarilayotgan sulfat kislota miqdoridan ikki barobar ko'proq kislota ishlab chiqarishga yetarlidir.

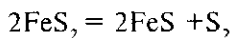
Yana bir muhim  $SO_2$  olinadigan xomashyo bu — vodorod sulfid gazidir.  $H_2S$  ko'pgina tabiiy gazlar tarkibida bo'ladi. Uni tozalaganda  $H_2S$  ajratib olinadi va u  $SO_2$  ga aylantiriladi. Ko'mirni kokslaganda, neftni qayta ishlaganda ular tarkibidagi S qisman vodorod sulfidga aylanib, gaz holida ajralib chiqadi. Koks gazlari tozalanganda ularning tarkibidan  $H_2S$  yoki S shaklida ajratib olinadi, yoqib  $SO_2$  ga aylantiriladi.

Yuqorida aytilganlardan tashqari  $SO_2$  olish uchun juda ko'p foydalanish mumkin bo'lgan, ammo hozircha foydalanilmayotgan potensial ashyo manbalari mavjud. Bularga O'zbekistondagi kalsiy sulfat va natriy sulfat tuzlarining yirik konlarini ko'rsatish mumkin.

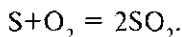
Yana fosfat kislota ishlab chiqaradigan zavodlarda hosil bo'ladigan va chiqindi sifatida tashlab yuborilayotgan fosfogipsni ko'rsatish mumkin. Neft mahsulotlarini tozalashda tarkibida sulfat kislota saqlovchi gudron ko'pgina organik mahsulotlar ishlab chiqarish sanoatlarida, organik moddalar bilan ifloslangan va chiqindi hisoblangan suyultirilgan sulfat kislotaadir. Po'latni tozalashda hosil bo'ladigan, aslida chiqindi hisoblangan temir sulfit tuzlari. Bularning hammasi va ular kabi tarkibida sulfat kislota yoki tuzlarini saqlovchi har qanday chiqindi moddalar qaytaruvchilar bilan qo'shib qizdirilganda  $SO_2$  hosil qiladi va undan sulfat kislota olish mumkin.

**Temir kolchedanini kuydirish.** Kolchedanni kuydirish yuqori haroratli ( $1000^{\circ}C$  gacha) geterogen (gaz-qattiq), qaytmas, katalizatorsiz (katalizator ishlatilmaydigan) va bir necha bosqichlarda boradigan jarayonga yaqqol misol bo'la oladi.

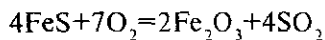
Kolchedan pechda  $500^{\circ}C$  gacha qizdirilganda parchalanish avval oltingugurt hosil bo'lish bilan boradi:



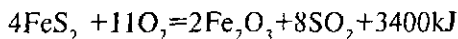
So'ngra oltingugurt bug'lari oksidlanadi:



Qolgan g'ovak FeS kislorod ta'sirida sekin oksidlanadi. **Reaksiya yuqori haroratda boradi:**



Kolchedanni kuydirish reaksiyasi tenglamasi umumiy holda shunday yoziladi:



Haqiqatda bu reaksiya 600°C dan past haroratda, oraliq mahsulotlar sifatida temir sulfat hosil bo'lishi bilan boradi. Harorat ortib borishi bilan avval FeO, so'ngra, agar kislorod yetarli bo'lsa Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, kam holda FeS<sub>2</sub> hosil bo'ladi. FeS<sub>2</sub> bilan bir qatorda kolchedan tarkibida bo'lgan boshqa metall sulfidlari ham parchalanadi. Natijada hosil bo'lgan metall oksidlari kvars, alyumosilikatlar, temir oksidlari va parchalanmay qolgan FeS<sub>2</sub> bilan ajratib kuyundi hosil qilinadi. Kuyundi tarkibida 0,5% dan 3% gacha oltingugurt saqlashi mumkin. Temir sulfidi (kolchedan) oksidlanganda, sulfid zarrachalari yuzasida temir oksidlari qavati hosil bo'ladi. Bu qavatning qalinligi, kolchedandagi oltingugurtning yonishi bilan ortib boradi. Jarayonning umumiy tezligi, mana shu oksid pardalarning g'ovaklarida kislorod va SO<sub>2</sub> ning diffuziyalanish tezligi bilan aniqlanadi. Demak, kolchedanning kuyishi ichki diffuzion hududda kechadi. Bu jarayon tezligini geterogen jarayon tenglamasi bilan ifodalash mumkin:

$$u = \frac{dG_{\text{SO}_2}}{d\tau} K F \Delta C \quad (3.1)$$

Bunda:  $u$  — umumiy tezlik (reaksiya tezligi),  $G$  — SO<sub>2</sub> ning miqdori (mahsulot miqdori),  $K$  — jarayonning tezlik konstantasi,  $\Delta C$  — jarayonning xarakterlantiruvchi kuchi,  $\tau$  — vaqt,  $F$  — geterogen sistemasida reaksiyaga kirishuvchi fazalar yuzasi. Formuladan ma'lumki, oksidlanish jarayonini tezlashtirish uchun  $K$ ,  $\Delta C$  va  $F$  larni oshirish kerak.

Jarayonning tezlik konstantasi  $K$  ni, ya'ni moddalarda fazalarning bir-biriga o'tishini (masalan, gaz fazaning qattiq fazaga diffuziyalanib o'tishi, yani O<sub>2</sub> ning temir oksidi pardasiga diffuziyalanib kolchedanga kirishi va kolchedanda hosil bo'lgan SO<sub>2</sub> ni temir oksidi pardasidan diffuziyalanib tashqariga chiqishi) oshirish uchun haroratni oshirish eng foydali tadbir hisoblanadi. Ammo harorat 850–1000°C gacha ko'tarilsa

pech ichidagi ashyo (kolchedan) bo'lakchalari bir-biriga yopishib, yirik-yirik aglomeratlarga aylanib qoladilar. Natijada zarrachalar yuzasi keskin kamayadi. Shuning uchun ham kolchedanni kuydirish pechning konstruksiyasiga qarab, faqat ma'lum bir harorat oralig'ida olib boriladi.

Jarayonning harakatlantiruvchi kuchini ( $\Delta C$ ) tezlatish uchun kochedanning tarkibidagi piritning va kuyish zonasiga kiritiladigan kislorodning konsentratsiyasini oshirish zarur bo'ladi. Pirit konsentratsiyasi flotatsiya usuli bilan oshiriladi, kislorod konsentratsiyasi esa pechga kiritiladigan havo miqdori stexiometrik hisobga nisbatan 1,5—2 marta ko'paytirilishi bilan oshiriladi.

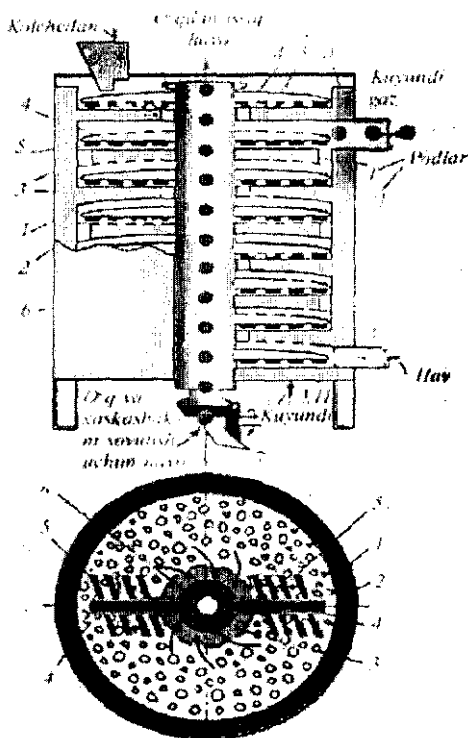
Fazalar yuzasini ( $F$ ) oshirish uchun esa pech ichidagi ashyolarni fazalarni aralashtirish orqali hamda kolchedanni juda maydalash yo'li bilan oshiriladi.

Amalda zarrachalarning kattaligi 0,3—0,03 mm gacha bo'lgan kolchedan ishlatiladi. Kolchedanni kuydirish uchun uch xil kuydirish pech turlari mavjud:

1. Mexanik kuydirish pechlari.
2. Changitib kuydirish pechlari.
3. "Qaynovchi qavat" da kuydirish pechlari.

Mexanik pechlar (57-rasmga qarang) silindrsimon bo'lib, u olti yoki sakkizta gorizontaldagi "tokcha" larga bo'lingan, o'rtasidan vertikal o'q o'rnatilgan va o'qqa "tokchalar" soniga qarab 6 yoki 8 ta xaskashlar mahkamlangan.

O'q aylanganda xaskashlar ham aylanadi va "tokcha"lar ustida to'kilgan kolchedanni aralashtirib, qo'zg'ab yuqoridagi "tokcha"lardan ostidagi "tokcha"larga tushib turadi. Pechning yuqori qismiga



57-rasm. Mexanik tokchali kuydirish pechi: 1 — po'lat g'ilofi; 2 — qoplama (futerovka); 3 — aylana teshiklar; 4 — kuraklar; 5 — kurak tishlari; 6 — tagliklar; 7 — o'q(val); 8 — tishli uzatgich (shesterna).

oʻrnatilgan bunkerdan yuqori “tokcha”ga toʻxtovsiz kolchedan tushib turadi. Pech tagidan esa qarama-qarshi oqimda havo kiradi. Kolchedan yonib boʻlgach qolgan kuyundi (kul) pechning ostki qismidan xaskashlar yordamida chiqarib olinadi. Hosil boʻlgan sulfit anhidridi esa pechning yuqori qismidan chiqadi.

Mexanik pechlarning asosiy kamchiliklaridan biri, unda kolchedan boʻlakchalari tez bir-biriga yopishib yirik boʻlaklar — aglomerat hosil qilishidir. Shuning uchun ham haroratni 850–900° C dan oshirib boʻlmaydi. Undan tashqari harorat oshsa pechdagi choʻyandan yasalgan “xaskashak” tishlarini korroziyaga uchratadi, sinishga olib keladi, hatto pech oʻqining ham sinishiga olib keladi.

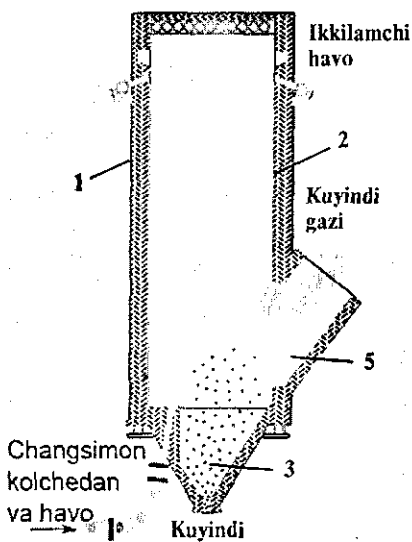
Mexanik pechlarning tuzilishi murakkab, intensivligi past, kolchedan tarkibidagi S ni toʻliq yonishini taʼminlamaydi va shuning uchun ham SO<sub>2</sub> ning konsentratsiyasi ham past boʻladi. Mexanik pechlarning intensivligi 185kg/m<sup>3</sup>/sutkaga teng (yaʼni 1 m<sup>3</sup> pech hajmida 1 sutkada 185 kg kolchedan kuydiriladi).

Hosil boʻlgan kuyundi gazlarning tarkibi 9% SO<sub>2</sub>, 9% O<sub>2</sub>, 82% H<sub>2</sub> ga toʻgʻri keladi. Kuyundining tarkibida esa oʻrtacha 2% S yonmay qoladi. Shuning uchun ham hozirgi kunda mexanik pechlar takomillashib qudratli pechlarga aylantirilgan. Faqat kam quvvatli sexlardagina mexanik pechlarni uchratish mumkin.

### **Changitib kuydirish pechlari.**

Changitib kuydirish pechlari (58-rasm) maydalab kukun holiga keltirilgan quruq kolchedanni havo oqimi bilan pech ichida changitib purkashga asoslangan boʻlib, mexanik pechlardan koʻra ancha takomillashgan va undan ustun turadi.

Bunda kolchedan kukuni siqilgan havo bilan pechning ostidan forsunka (suyuqlik yoki kukunsimon moddalarni havo bilan aralastirib purkaydigan asbob) orqali pech ichiga purkaladi. Bunda har bir chang zarrachasi har tomondan havo bilan



58-rasm. Kolchedanni changitib kuydirish pechi: 1 — silindrsimon gʻilof; 2 — futerovka (qoplama); 3 — kuyundi uchun bunker; 4 — kolchedan va havo aralashmasini kirituvchi forsunka; 5 — sovituvchi ekran.

to'qnashadi va o'chib borayotgan paytda yonadi. Fazalar ta'sir sathi yuza to'qnashuvi ortadi. Natijada yonish jarayoni intensiv tusga keladi, zarrachalarning bir-biriga yopishib qolish hollari keskin kamayadi. Shuning uchun ham bunda haroratni 1100° C gacha oshirish mumkin. Hosil bo'lgan kuyundi pechning ostki konussimon qismidan chiqarib tashlanadi. Kuyundi gazlari esa 900—1000° C haroratda pechning yon tomonidagi shtutser (shtutser — sirti rezbali quvurcha) orqali siqib, suv bug'i hosil qiluvchi qozon orqali o'tadi. Natijada gazning issiqligidan foydalaniladi.

Bunda olingan kuyundi gazi tarkibida 13% gacha SO<sub>2</sub> bo'ladi, kuyundi tarkibida esa 1—1,5% S qoladi. Pechning intensivligi 700—1000 kg/m<sup>3</sup> sutkaga teng.

Ammo bu pechlar uchun faqat quritilgan va boyitilgan kolchedangina ishlatiladi. Chunki ho'l bo'lsa forsunka tiqilib qoladi. Buning yana bir kamchiligi shundan iboratki, kuyundi gazlar tarkibida changi ko'p bo'ladi. Mexanik pechlarning kuyundi gazi tarkibi 10 g/m<sup>3</sup> chang bo'lgani holda, changitib kuydirish pechinning kuyindi gazida 100 g/m<sup>3</sup> chang bo'ladi. Mana shu kamchiliklar uchun bu pech keng tarqalmagan.

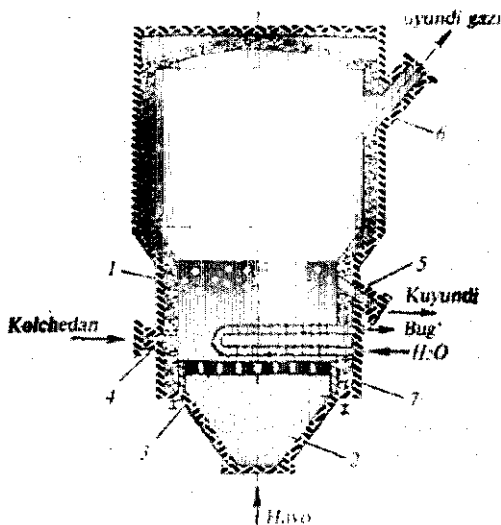
***Qaynovchi qavatda kuydirish pechlari*** (59-rasm). Ishlash prinsipini tushunish uchun quyidagicha tajribani ko'z o'ngimizga keltiraylik. Taxminan bir xil o'lchamdagi zarrachalar joylashgan quvurchadan havo yuboramiz. Gaz oqimi zarrachalar orasidan o'tadi. Bunda zarrachalar qavati harakatga kelmay turaveradi. Endi sekin-asta havo oqimini oshiraylik, bunda zarrachalar harakatga keladi va ularning bir qismi yoki hammasi havo oqimi bilan chiqib ketadi. Bunday holatda zarrachalar oralig'i ortadi, har bir alohida zarracha gaz bosimi ostida yuqoriga ko'tarilishi va o'z og'irligi ta'sirida pastga tushish imkoniyatiga ega bo'ladi. Zarrachalar bir-biri bilan to'qnashishi tufayli har tomonga harakat qiladi. Ruda qavati g'ovak bo'lib qoladi, uning balandligi 1,5—2 baravar ortadi. Bu holat suyuqlik qaynashini eslatadi, shuning uchun u "qaynovchi qavat" deb nomlangan.

Qaynovchi qavatda zarrachalar tez aralashishi sababli uni osonlik bilan isitish va sovitish mumkin. Jumladan, yonish jarayoni ham intensiv ketadi. Qavatning hamma joyida, taxminan bir xil haroratni hosil qilish oson.

Pechning tuzilishi 59-rasmda tasvirlangan.

U silindrsimon po'latdan yasalgan qurilma bo'lib, ichi o'tga chidamli g'ishtlar bilan qoplangan. Pech ostki qismining ichida gorizontol holda o'rnatilgan ko'p sonli mayda teshikchalari bo'lgan chambara o'rnatilgan. Shu teshiklardan havo purkaladi, natijada chambarak yuzasida qaynovchi qavat hosil bo'ladi. Qaynovchi qavatga pechning yon tomonidan to'xtovsiz kolchedan tushib turadi. Kolchedan zarrachalarining kattaligi taxminan





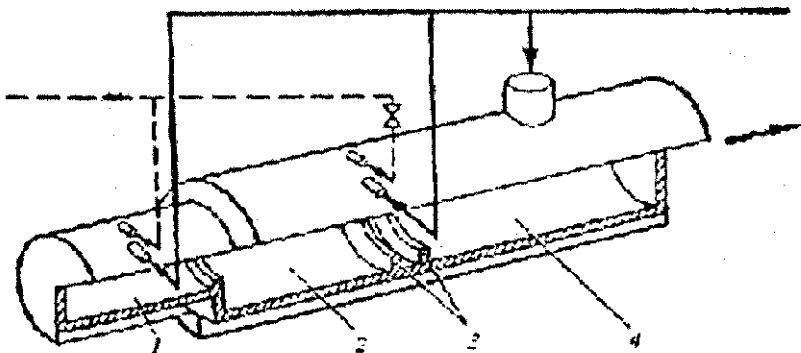
**59-rasm.** Qaynovchi qavatda kuydiruvchi pech. (kolchedan kuydirish pechi): 1 — kuydirish bo‘limi; 2 — bunker; 3 — panjara; 4 — kolchedan kuydirish joyi; 5 — kuyundi gazlari chiqadigan tuynuk; 6 — kuyundi(kul) chiqadiga tuynuk; 7 — sovitgich(bug‘ qozoni bo‘limi).

S qoladi. Bu pech intensivligining kattaligi va kuyundi gazi tarkibida  $SO_2$  ning massa ulushi ko‘pligi hamda kolchedan tarkibidagi S ning to‘liqroq yonishi kabi yutuqlari tufayli pechlar keng tarqaldi.  $SO_2$  gazi toza oltingugurtni yoqish yo‘li bilan ham olinadi. Kolchedanni kuydirib olingan  $SO_2$  ga nisbatan S ni yoqib olingan  $SO_2$  ancha toza va konsentratsiyasi ancha katta bo‘ladi. Havoda yoqilgan 21% gacha  $SO_2$  saqlovchi kuyundi gazi olish mumkin, ammo havoni ko‘proq qo‘shish bilan  $SO_2$  miqdori kamaytiriladi. Amalda S ni yoqishdan 9–11%  $SO_2$  va 12–10%  $O_2$  dan iborat kuyundi gaz olinadi (chunki S ni  $SO_3$  ga oksidlash uchun ham kislorod kerak bo‘ladi) kolchedandan esa amalda 7–9%  $SO_2$  va 11–9%  $O_2$  saqlovchi kuyundi gaz olinadi. Toza S ni yoqish uchun purkagichli va siklonli (60-rasm) pechlardan foydalaniladi.

Oltingugurt pechga kelishdan oldin suyuqlantiruvchi qozonda bug‘ yordamida suyuqlantiriladi, begona aralashmalardan filtrlab tozalangach forsunka orqali siqilgan havo yordami bilan pech ichiga purkaladi. Pech

bir xil bo‘lishi kerak, chunki keladigan havo oqimining tezligi zarracha kattaligiga proporsional bo‘ladi, ya’ni qaynovchi qavat hosil bo‘lishi kerak. Qaynovchi qavatda hamda kuyindi gaz oqimida bug‘ hosil qiluvchi quvurlar o‘rnatilgan bo‘lib, ularga suv kirib, bug‘ bo‘lib chiqadi. Natijada qaynovchi qavat haroratini taxminan bir xilda  $800^\circ C$  da saqlab turish mumkin bo‘ladi. Pechning ostki qismidan havo kiritilib turiladi, yuqori qismidan kuyundi gaz chiqarib olinadi. Kuyundi (kul) esa pechning yon tomonidan maxsus qisqa quvurcha 5 orqali chiqadi.

Pechning intensivligi  $1000 - 1800 \text{ kg/m}^3$  sutkaga teng. Kuyundi gazi tarkibida 15% gacha  $SO_2$  bo‘ladi. Kuyundi tarkibida esa 0,5%



**60-rasm.** Oltिंगugurtni yoqish uchun ishlatiladigan siklon pech:

1 — oltिंगugurt va havo berish uchun forsunkali forkamera; 2 — yoqish bo'limi; 3 — gazni girdobli harakatga keltiruvchi halqalar.

ichida bug'lanib havo yordamida yonadi. Forsunkali pechlarda oltिंगugurtning havo bilan aralashuvi diffuzion ekstensiv jarayon bo'lganligi uchun yetarli darajada aralashmaydi. Siklon pechlarida havo tangensial (egri chiziqqa urinma chiziq bo'yicha yo'nalgan) oqimda berilgani uchun ham S bug'lari havo bilan juda kuchli va tez aralashadi. Natijada S ning yonishi juda intensiv ketadi. Shuning uchun ham siklonli pechlar o'z qulayliklari bilan forsunkali pechlarni oradan siqib chiqarmoqda.

## 6.5. Kontakt usuli bilan sulfat kislota ishlab chiqarish

Sulfat kislota ishlab chiqarish beshta bo'limni o'z ichiga oladi:

1. Pech bo'limi (bunda quruq  $\text{SO}_2$  hosil bo'ladi).
2. Yuvish bo'limi (bunda  $\text{SO}_2$  gazi ho'l usul bilan tarkibidagi qo'shimchalardan, ya'ni  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ning tomchilaridan, suv bug'laridan va kontakt zaharlaridan to'liq tozalanadi).
3. Kompressor bo'limi (bunda tozalangan gaz so'rib olinib, kontakt uskunaiga yuboriladi).
4. Kontakt bo'limi (bunda  $\text{SO}_2$  gazi katalizator bilan ta'sirlashib — to'qnashib  $\text{SO}_3$  ga aylanadi).
5. Absorbsiya bo'limi (bunda  $\text{SO}_3$  suvga yuttiriladi va  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ga aylantiriladi).

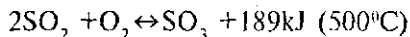
**$\text{SO}_2$  gazini tozalash.** Kolchedanni kuydirib olingan kuyundi gazlari tarkibida  $\text{SO}_2$  (16 % gacha, odatda 7—9 %),  $\text{O}_2$  (9—11 %), kuyundi changlari ( $200\text{g}/\text{sm}^3$ ), qaynovchi qatlamda kuydirilganda kuyundi changlari

asosan temir oksidi; ozroq temir sulfidi, mis sulfidi,  $As_2O_3$ ,  $SeO_2$  larni ushlaydi. Bular katalizator "zaharlari" bo'lib, katalizatorni tez yaroqsiz holga keltiradi. Shuning uchun ham  $SO_2$  barcha qo'shimchalardan tozalanishi kerak.

Kuyundi gazlari eng avval siklonlarda tozalanadi (siklon uskunasi jadvaliga qaralsin), so'ngra gaz issiqligidan bug' hosil qilish uchun (gaz issiqligi  $400^{\circ}C$  bo'ladi), bug' qozonlariga yuboriladi va harorati ancha pasaygach, quruq elektrofiltrlar orqali o'tkaziladi. Bu uskunalarning hammasi zavodning pech bo'limida joylashgan bo'ladi. Kuyundi gazlarning tarkibidagi qo'shimchalar siklon uskunasidan o'tgach  $20 \text{ g/m}^3$  qoladi. Qolgan changlar juda mayda bo'lib, ular elektrofiltrdan o'tgach  $0,1 \text{ g/m}^3$  qoladi xolos.

$SO_2$  ni chang zarrachalaridan hamda  $As_2O_3$ ,  $SeO_2$  lardan batamom tozalash maqsadida (ayniqsa  $As_2O_3$ ,  $SeO_2$  lar katalizatorni qaytmas qilib zaharlaydi) gaz ( $SO_2$ ) yuvuvchi minoralarda maxsus tozalanadi. Unda gaz ho'llanadi va  $30-50^{\circ}C$  haroratgacha sovitiladi. Natijada gazda tuman, ya'ni juda mayda suv tomchilari hosil bo'lib, kondensatsiyalanib ajralib chiqadi. Bu tomchilarda  $SO_3$  va  $As_2O_3$  lar erigan bo'ladi. Shunday yo'l bilan katalizator zaharlaridan gaz batamom tozalangach quritgich minoralarda  $93-95\%$  li sulfat kislotada quritiladi. So'ngra toza va quruq gaz kompressor yordamida kontakt bo'limiga yuboriladi.

**Oltinugurt (IV) oksidini kontakt usulida oksidlash.**  $SO_2$  ni  $SO_3$  ga oksidlash sulfat kislotada ishlab chiqarishning eng asosiy bosqichidir. Shuning uchun ham sulfat kislotada ishlab chiqarishning bu usuli kontakt usuli deb ataladi. Kontakt bu to'qnashuv degan ma'noni anglatib,  $SO_2$  gazning katalizator bilan to'qnashuvini bildiradi.  $SO_2$  ni kontakt usulida  $SO_3$  ga aylantirish geterogen ekzotermik katalizga tipik misol bo'la oladi. Bu reaksiya gaz hajmini kamayishi bilan boradigan qaytar ekzotermik jarayondir.



Shuning uchun ham Le-Shatli'e pirinsipiga muvofiq bu reaksiya muvozanat haroratning pasayishi va bosimning ortishi bilan  $SO_3$  hosil bo'lishi tomon siljiydi. Ammo sulfat kislotada ishlab chiqarishda yuqori bosim qo'llanilmaydi, chunki  $SO_2$  va kislorodning konsentratsiyasi kuyundi gaz tarkibida  $20\%$  dan oshmaydi. Qolgan  $80\%$  gaz azotdan iborat bo'lib, bunday aralashmaga yuqori bosim qo'llash bosimni hosil qilish xarajatlarini qoplaymaydi.

Atmosfera bosimida va  $475^{\circ}C$  haroratda  $SO_3$  hosil bo'lishining gazlar aralashmasi  $\%$  tarkibiga bog'liqligi quyidagicha bo'ladi:

SO<sub>2</sub> ning % miqdori 2;5;6;7;8;9;10

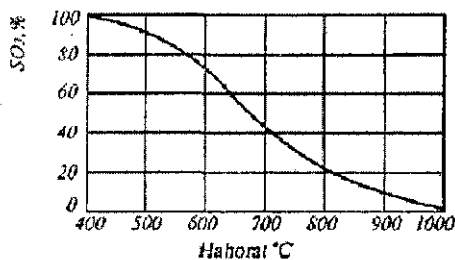
O<sub>2</sub> ning % miqdori 18,2;14,1;12,7;11,3;10,0;8,6;7,2

SO<sub>2</sub> ni SO<sub>3</sub> ga aylantirishning % miqdori 97,1; 96,5; 96,2; 95,8; 95,2; 94,3; 92,3.

Bundan ko'rinib turibdiki, 2 % SO<sub>2</sub> bo'lganda SO<sub>3</sub> ga aylanish darajasi eng yuqori — 97,1% bo'ladi, ammo bunda kontakt apparatining mahsuldorligi past bo'ladi. SO<sub>2</sub> ni miqdori orta borgan sayin SO<sub>3</sub> ga aylanish darajasi pasayib boradi. Optimal gazlar aralashmasi quyidagicha bo'ladi: 7—8 % SO<sub>2</sub>, 10—11 % O<sub>2</sub> va 82 % N<sub>2</sub>. Shunday tarkibli aralashma 400°C haroratda 99,2 % unum beradi. Ammo bunday haroratda reaksiya tezligi va demak mahsuldorlik juda past bo'ladi. (61- rasmga qarang).

Shuning uchun ham hozirgi kunda vanadiyli kontakt massasida oksidlashni bir necha bosqichda olib boriladi. Har bir bosqichni o'zini optimal temperasi aniqlanadi. Bu harorat birinchi bosqichdan (580 — 600° C) oxirgi bosqichga (450—400° C) tomon pasayib boradi.

SO<sub>2</sub> ni oksidlanish jarayoni eng avvalo qo'llaniladigan katalizatorning aktivligi bilan aniqlanadi. SO<sub>2</sub> ni oksidlanishiga minglab moddalar ta'sir etadi. Ammo sulfat kislotasi ishlab chiqarish sanoatida turli davrlarda faqat

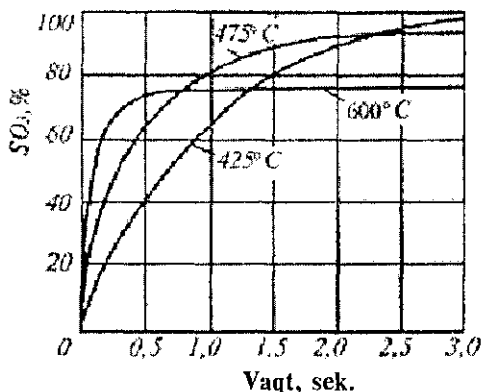


**61-rasm.** Tarkibida 7% SO<sub>2</sub> va 11% O<sub>2</sub> saqlovchi SO<sub>2</sub> gazining 0,1 MPa bosimida oksidlanishining muvozanat darajasini haroratga bog'liqligi.

yuqori haroratda SO<sub>2</sub> ning SO<sub>3</sub> ga aylanishi 70% dan ham kam, odatda 50—60 % bo'ladi. Shuning uchun ham u faqatgina taxminiy kontaktlashdagina foydalanilgan. Vanadiyli katalizator platinadan ancha arzon va mishyak birikmalari bilan zaharlanish darajasi platinaga nisbatan bir necha ming marta kamdir. Mana shuning uchun ham sobiq ittifoqimizdagi barcha sulfat kislotasi ishlab chiqaradigan zavodlar faqat vanadiyli kontakt massasidan foydalanayotir. Vanadiyli katalizator massasi 7% V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan va aktivlovchi (promotr)-ishqoriy metall oksidlaridan (ko'pincha K<sub>2</sub>O dan) iborat bo'lib, bu aralashma yuqori aktivlikka ega

bo'lgan g'ovak alyumosilikatlar yoki kremniy (IV) oksidiga shimdiriladi, hosil bo'lgan aralashmadan turli shakllarda: g'ovak granulalar (shar shaklida), tabletkalar va halqalar shaklida 5mm kattalikda katalizator tayyorlanadi.

Kontakt jarayonida  $K_2O$  kaliy pirosulfatga ( $K_2S_2O_7$ ) aylanadi. Vanadiy (V) oksidi unda erigan holda katalizator g'ovaklari yuzasini to'ldiradi. Har qanday katalizatorida ham vaqt o'tishi bilan  $SO_2$  ni oksidlanish darajasi ortib boradi. Buni quyidagi grafikda (62-rasmga qarang) ko'rish mumkin.



62-rasm. Turli haroratlarda va 0,1 MPa bosimida  $SO_2$  oksidlanish darajasining vanadiyli katalizator bilan to'qnashuv vaqtiga bog'liqligi. ( $SO_2=7\%$ ;  $O_2=11\%$   $N_2=82\%$ )

Grafikdan ko'rinib turibdiki, harorat qanchalik yuqori bo'lsa, muvozanat shunchalik qisqa vaqtda qaror topadi. Demak, unum ham shunchalik kam bo'ladi.

$SO_2$  ni  $SO_3$  ga oksidlanishining kinetik (tezlik) tenglamasi G.K. Boreskov tomonidan birinchi marotaba topilgan. Bu tenglama quyidagicha ifodalanadi.

$$U = \frac{dC_{SO_2}}{d\tau} = K\Delta C = K_k \cdot C_{O_2} \cdot \frac{C_{SO_2}}{C_{SO_2} + 0,7 \cdot C_{SO_3}} \times \left[ 1 - \left( \frac{C_{SO_2}^{0,5} \cdot K_m}{C_{O_2} \cdot K_m} \right)^2 \right]$$

Bunda:  $U$  — reaksiya tezligi;  $K_k$  — reaksiyaning (katalitik) tezlik konstantasi

(tajriba yo'li bilan aniqlanadi);  $\frac{dc}{d\tau}$  — vaqt birligida mahsulot miqdorining ortishi;  $C$  — konsentratsiya;  $\Delta C$  — atmosfera bosimida jarayonning harakatlantiruvchi kuchi;  $K_m$  — muvozanat konstantasi.

Tenglamadan ma'lumki, reaksiya tezligiga kislorodning konsentratsiyasi eng ko'p ta'sir etadi. Demak, kataliz jarayonida eng sekin boradigan bosqich bu kislorodning sorbsiyalanishidir. Shuning uchun ham kislorod konsentratsiyasini oshirish jarayon tezligini ham oshiradi. Ammo, kislorod konsentratsiyasini oshirish uchun reaksiyaga kiritiladigan havo miqdorini oshirish kerak bo'ladi, bunday qilinganda reaksiyani gazlar aralashmasida  $SO_2$  ning hajmiy miqdori kamayadi. Natijada shunga mos holda kontakt uskunaning va butun sistemaning mahsuldorligi ham ozayadi. Jarayonning

ketishi bilan ham (ya'ni reaksiyaning borishi bilan)  $\text{SO}_3$  ning konsentratsiyasi kamayadi,  $\text{SO}_3$  ning konsentratsiyasi esa oshadi. Bu holat ham reaksiya tezligini kamaytiradi. Bundan tashqari, haroratni oshirish gazlarda  $\text{SO}_3$  ning muvozanat konsentratsiyasini kamaytiradi va tabiiyki,  $\text{SO}_3$  ning muvozanat konsentratsiyasini oshiradi. Bu holat o'z navbatida jarayonning umumiy tezligini kamaytiradi. Ammo  $K$  (tezlik konstantasi) haroratning ortishi bilan Arrenius qonuniga binoan ortadi. 1889-yilda Arrenius tezlik konstantasi bilan harorat o'rtasidagi bog'lanishining quyidagi formula bilan ifodalanishini ko'rsatgan edi.

$$\lg K = C - \frac{B}{T} \quad (3.2)$$

Bunda:  $K$  - reaksiyaning tezlik konstantasi;  $C$  va  $B$  - ayni reaksiya uchun xos konstantalar.

Shuning uchun ham reaksiyaning boshlanishida  $\text{SO}_2$  ning oksidlanish darajasi pastligida haroratning ortishi bilan jarayonning tezligi ortadi.  $\text{SO}_2$  ning unumi faktik unumga (maksimumga) yeta boshlagach  $\text{SO}_3$  ning konsentratsiyasi ortadi va u mahsulot unumiga salbiy ta'sir qila boshlaydi. Shuning uchun haroratni yanada oshirish mahsulot unumini kamaytiradi. Ayni sharoitda, bir vaqtda, gazning katalizator bilan to'qnashuvi optimal haroratda  $\text{SO}_3$  ning maksimal hosil bo'lishini ta'minlaydi. Demak, kontakt uskunasi jarayon tezligini maksimumga yetkazish uchun reaksiyani yuqori haroratda ( $600^\circ\text{C}$  ga yaqin) boshlab, sekin pasaytira borish va  $400^\circ\text{C}$  da reaksiyani tugatish lozim.

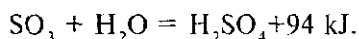
Hozirgi zamon kontakt uskunalarining konstruksiyalari shu sharoitga maksimum yaqinlashtirilgan. Tarkibida  $\text{SO}_2$  saqlovchi toza gazlar aralashmasi (reaksion aralashma) issiq almashtirgichlarda yonish haroratigacha ( $420\text{—}440^\circ\text{C}$ ) qizdiriladi, so'ngra uskunaning birinchi qavatida reaksiya issiqligi bilan harorat  $600^\circ\text{C}$  gacha ko'tariladi. Ko'pincha tokchali kontakt apparatlari qo'llaniladi (30-rasmga qarang). Bunda tokchalar oralig'ida o'rnatilgan issiq almashtirgichlar yordamida bosqichma-bosqich issiqlik olinib, harorat pasaytirilib boriladi. Ammo uzoq yillardan beri keng qo'llanilib kelinganligiga qaramay bu xil kontakt apparatlari hozirgi paytda gazdan gazga issiq almashuv koefitsientining pastligi va issiq almashtirgichlarga ko'p metall sarflanishi va katta hajmi egallashi sababli yangi turdagi tokchali silindrsimon kontakt apparatlariga almashtirilgan. Bu apparatning korpusi silindrsimon bo'lib, diametri 12 m, balandligi 25 m, mahsuldorligi 1000 t/ sutka sulfat kislotaga teng (34- rasmga qarang).

Kontakt massasi har 4 yilda bir marta almashtiriladi. Kontakt massaning maksimal aktivligiga va unda optimal haroratni saqlashga qaynovchi qavatli katalizatorli uskunalardan foydalanilgandagina erishish

mumkin. Bunday uskunalarda qaynovchi katalizator qavatning eng yuqori issiq o'tkazuvchanligi, istalgancha mayda zarrachali kontakt massasini qo'llash mumkinligi, istalgan harorat sharoiti berish mumkinligi kabi eng muhim xossalardan to'liq foydalanish mumkin bo'ladi. Diametri 4—5 mm bo'lgan sharchali, filtrlovchi, turg'un (harakat qilmaydigan) katalizator qavatli apparatlar o'rniga qatnovchi katalizator qavatli uskunalar (yedirilishga chidamli, diametri 0,75—1,5 mm bo'lgan sharsimon katalizatorlar) qo'llanilmoqda. Natijada katalizatorning yuzasi kengayadi, reagentlar diffuziyasi ortadi va diffuziyalanish kinetik hududda boradi, demak kontakt massasining mahsuldorligi ortadi.

Hozirgi zamon kontakt uskunalari asosan qaynovchi qavatda ishlovchi uskunalar bo'lib, unda  $\text{SO}_2$  ni oksidlanish darajasi 99% ga tengdir. Kontakt usulida sulfat kislota ishlab chiqarishning oxirgi bosqichi bu oltingugurt (VI) oksidining absorbsiyalanib konsentrlangan sulfat kislota va oleum hosil qilishidir.

Oltingugurt (VI) oksidining absorbsiyasi.  $\text{SO}_3$  suv bilan quyidagicha reaksiyaga kirishadi:

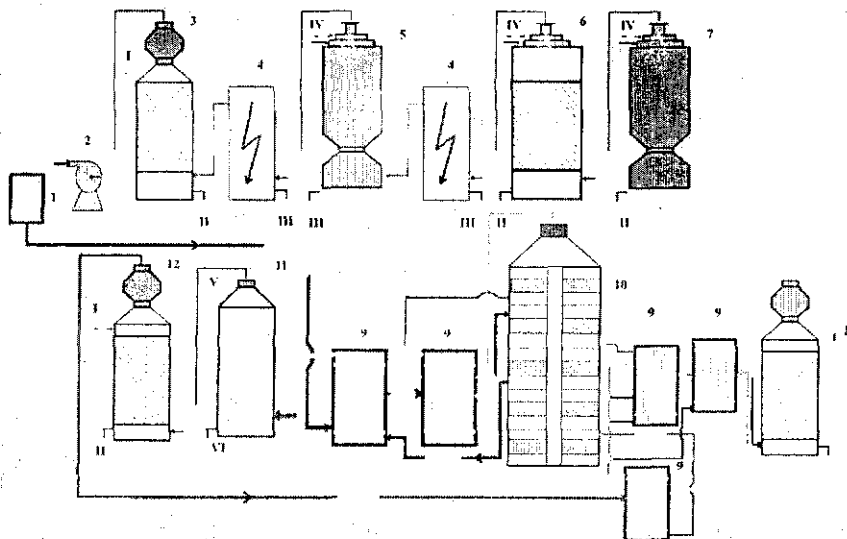


Bunda gaz fazada ozgina suv bug'lari bo'lsa sulfat kislotaning barqaror tumani hosil bo'lib suvga, kislotaga, hatto ishqorga ham qiyin yutiladi va praktik jihatdan reaksiya to'xtaydi yoki juda sust ketadi. Shuning uchun ham absorbsiyaga keluvchi reaksiyon gaz aralashmasida suv bug'lari mutlaqo bo'lmaydi. Yana  $\text{SO}_3$  ni absorbsiyalovchi suv yuzasida suv bug'larining parsial bosimi ham minimal miqdorda kam bo'lishi zarur. Bunaqangi talabga faqat 98,3%li  $\text{H}_2\text{SO}_4$  javob beradi, xolos (56-rasmga qarang). Shunday konsentratsiyada  $\text{SO}_3$  ning ham parsial bosimi eng kam hisoblanadi. Shunday konsentratsiyali kislota  $\text{SO}_3$  ni to'liq (99% dan ham ko'proq) yutadi. Bunda shunday miqdor kislota beriladiki, unda bir marta  $\text{SO}_3$  bilan to'qnashuvda uning konsentratsiyasi faqat 0,2% ga ortadi xolos. Kislota sovitkichlarda sovitilgach, ozroq qismi tayyor mahsulot sifatida olinadi, qolgan ko'p miqdori yana suv bilan yoki suyuq kislota bilan suyultirilib absorbsiyaga qaytariladi.

Oleum  $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot n\text{SO}_3$  esa boshqa adsorberda olinadi. Bunda ham kislota konsentratsiyasi bir to'qnashuvda prosentning ma'lum qismlarigina ortadi. Olinayotgan oleumning o'rmini qoplashi uchun absorberga to'xtovsiz monogidrat, aniqrog'i 98,5 % ni sulfat kislota solinib turiladi.

**Texnologik sistemasi.** Temir kolchedanni kuydirishdan olinadigan  $\text{SO}_2$  dan sulfat kislota ishlab chiqarishning texnologik sxemasi 63- rasmda berilgan.

Kuyundi gazlari siklonlar va quruq elektrofiltrlardan qisman tozalanib kelgach 300° C haroratda yuvish minorasiga kiritiladi, minora 75 % li sovuq sulfat kislotasi bilan sug'orilib turiladi. Kuyundi gazlari sovitilgach tarkibidagi ozroq miqdor SO<sub>2</sub> va suv bug'lari kichkina tomchilar shaklida kondensatlanadi. Bu tomchilarda mishyak oksidi eriydi va sulfat kislotasi tuman hosil bo'ladi. Bu tuman 7, 6-minoralarda qisman ushlanib qolinadi. Bu minoralarda yana chang qoldiqlari, selen va boshqa qo'shimchalar



**63-rasm.** Kolchedanni kuydirib olingan gazdan (SO<sub>2</sub>) sulfat kislotasi ishlab chiqarishning IK/1A sxemasi.

1 — filtr; 2 — trubokompressor; 3 — nasadkali qurutish minorasi; 4 — ho'lovchi minora; 5 — elektrofiltr; 6 — ikkinchi nasadkali yuvish minorasi; 7 — kislotani sachratib yuvuvchi birinchi yuvish minorasi; 8 — ikkinchi nasadkali monogidratli absorber; 9 — quvur, issiq almashirgich; 10 — kontakt apparati; 11 — oleumli absorber; 12 — birinchi monogidratli absorber; I — sovitilgan kislotasi; II — sovitishga yuborilgan kislotasi; III — suyuq sulfat kislotasi; IV — sovitilgan suyuq sulfat kislotasi yoki suv; V — sovitilgan oleum yoki monogidrat; VI — sovitishga yuborilgan oleum.

ham ushlab qolinadi. Bunda ifloslangan sulfat kislotasi hosil bo'ladi (u zavodda ishlab chiqarilgan kislotaning taxminan 5% i miqdoriga teng). Bu kislotasi nostandart mahsulot sifatida beriladi va kerakli joylarda ishlatiladi. Gazni (SO<sub>2</sub>) sulfat kislotasi tuman va mishyakdan batamom



tozalanadi. So'ngra sulfat kislotani to'liq ushlab qolish maqsadida 5-minorada suv bilan ho'llanadi. Gazni ( $\text{SO}_2$ ) oksidlashga tayyorlash, uni suv bug'laridan nasadkali 3-minorada konsentrlangan sulfat kislota bilan quritish orqali tugallanadi. Shu yergacha barcha gaz o'tkazgich quvurlar, kislota yig'gichlar, minoralar hammasi oddiy po'latdan yasalgan bo'lib, kislotaga chidamli g'ishtlar bilan yoki diabazli plitalar bilan futerovkalanadi (qoplanadi). Quritilgan gaz agressiv emas, shuning uchun keyingi barcha uskunalar uglerodli oddiy po'latdan yasali b futerovkalanmaydi. Uskunalarining, gaz o'tuvchi quvurlarining ko'pligi gaz harakatiga to'sqinlik qiladi. Shuning uchun qurutgich bo'limidan keyin kompressor (2) o'rnatiladi. U kuyundi gazlarini pech bo'limidan tozalash va quritish sistemalari orqali so'rib olib, uni kontakt bo'limiga yuboradi. Kontakt bo'limi tokchali kontakt uskunasi (10) va quvursimon issiq almashtirgichlarni (9) o'z ichiga oladi. Issiq almashtirgichlar harorat sharoitini normallab turadi.

Sulfat kislota ishlab chiqarishning eski kam quvvatli sistemasida kontakt uskunasi ichidagi tokchalar oralig'ida turg'un issiq almashtirgichlar o'rnatilgan bo'ladi (30-rasmga qarang). Tokchalarda esa katalizator bo'ladi. Bunda gaz ketma-ket barcha katalizator qavatlardan va issiq almashtirgichlardan o'tadi. Bu xil konstruksiya kichik razmerli kam quvvatli uskunalar uchun rentabelli hisoblanadi, ammo qudratli, diametri 10 m va undan ham ortiqroq bo'lgan uskunalarda esa norentabelli bo'lib qoldi. Chunki katta diametrli uskunalarda issiq almashtirgichlarda gaz oqimining bir tekisda borishini ta'minlash va uni buzilganda tuzatish qiyin bo'ldi. Shuning uchun ham olib qo'yiladigan bo'lak-bo'lak issiq almashtirgichlar o'rnatiladi.

Eski 5 tokchali kontakt uskunalarida  $\text{SO}_2$  ning  $\text{SO}_3$  ga aylanishi 98 %ni tashkil qilar edi. Qolgan 2 % zaharli gaz —  $\text{SO}_2$  atmosferaga chiqarib tashlanar edi. Bu esa atrof muhitni zaharlar edi. Yirik zavodlarda esa bu juda xafli (juda ko'p gaz atmosferaga chiqib ketadi) va bunga yo'l qo'yib bo'lmaydi. Shuning uchun ham keyingi yillarda IK/IA sistemasiga o'tildi. Bu 2 marta kontaktlash va 2 marta absorsiyalash degan ma'noni anglatadi). 63-rasmdagi sxemada ko'rinib turibdiki, gaz ( $\text{SO}_2$ ) kontakt uskunasi 3 qavat katalizatoridan o'tgach, oleum olish uchun birinchi absorsiyaga oleumli absorberga yuboriladi. Bunda  $\text{SO}_3$  ning absorsiyalanishi tufayli  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$  muvozanati buziladi va  $\text{SO}_2$  ni oksidlanishini susaytirmaydi. Natijada keyingi ikki qavatdan o'tgach  $\text{SO}_3$  ga to'liq oksidlanadi (99,5—99,8 % gacha).

Hozirgi paytda qo'llaniladigan vanadiyli katalizatorlar 400° C haroratda aktivlik ko'rsatadi. 600° C dan yuqoriroq haroratda aktivligini yo'qotadi, chunki qayta kristallanadi.

$\text{SO}_3$  ning absorbsiyalanishi uchun esa past harorat kerak bo'ladi. Shuning uchun ham gaz oxirgi qavat katalizatoridan o'tgach kontakt uskunasidan chiqadi va avval issiq almashtirgichlardan, so'ngra havo sovitgichlardan o'tib absorbentga borib kiradi. Absorberlar nasadkali minora bo'lib, ichi keramik halqalar bilan to'lgazilgan bo'ladi. Bu minoralar tepasidan kislotasi sachratib sug'oriladi, pastdan yuqoriga qarab esa, qarama-qarshi oqim prinsipida  $\text{SO}_3$  gazi ko'tariladi. Absorberdan absorbsiyalanmay qolgan chiqindi gaz (0,03 %  $\text{SO}_2$  saqlaydi) atmosferaga chiqarib tashlanadi.

Hozirgi zamon kontakt apparatlarining quvvati — mahsuldorligi sutkasida 1500 t.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ga tengdir. Bunday qudratli zavod juda yirik, to'xtovsiz ishlovchi, mexanizatsiyalashtirilgan, ko'p qismi avtomatlashtirilgan ishlab chiqarish korxonasidir.

Ishlab chiqarishni intensivlashning eng muhim yo'llari quyidagilar: % miqdori yuqori bo'lgan konsentrlangan  $\text{SO}_2$  olish, buning uchun kolchedan kuydirish jarayonidan boshlab toza kislorodni qo'llash, yuqori bosimdan foydalanish, aktiv katalizatoridan foydalanish va qaynovchi qavatli katalizatorli kontakt apparatiga to'liq o'tish va boshqa usullar qo'llanadi. Intensivlashning barcha ko'rsatilgan bu usullari kelajakda qurilishi kerak bo'lgan yoki rekonstruksiyalanadigan barcha korxonalarda qo'llaniladi. Chunki ularda sobiq Ittifoqning siklik sistemasi deb ataluvchi sistema qo'llanilishi planlashtirilgan, bu siklik sistemasida hozirgi IK/IA sistemasiga qaraganda (bu sistemaning o'zi hali yangi va ayrim zavodlardagina qo'llanila boshlandi) atmosferaga chiqarib tashlanadigan gazning miqdori 50 marta kamayadi hamda reaksiya issiqligidan bug' hosil qilishda maksimal foydalaniladi. Natijada ishlab chiqarish praktik jihatdan chiqindisiz va energiya tejovchi korxonaga aylanadi. Bu bilan atrof muhitni ifloslashni oldini oladi.

Kelajakda sulfat kislotasi ishlab chiqarishning istiqbolli yo'li boshqa ishlab chiqarishlarining oltingugurtli chiqindilaridan xomashyo sifatida foydalanishdir. Yaqin kelajakda ancha miqdor sulfat kislotasi rangli metallurgiya korxonalarining oltingugurtli chiqindilaridan va elektrostansiyalarining yoqilg'i gazlaridan ajralib chiquvchi  $\text{SO}_2$  dan ishlab chiqariladi. Bu tabiatni muhofaza qilishning muhim omillaridir. Bu holat hukumatimizning atrof muhitni muhofaza qilish haqidagi qarorlariga, g'amxo'rliklariga mos bo'lib tushadi. It sulfat kislotani kolchedandan olish uchun (45% oltingugurt saqlovchi kolchedan) 0,82 t kolchedan, 82 kVt soat elektr energiyasi, 50 m<sup>3</sup> suv sarflanadi.

## VII bob. AMMIAK VA NITRAT KISLOTA ISHLAB CHIQRISH

### 7.1. Azotning xomashyo manbalari va ishlatilishi

Azot tabiatda erkin holda va birikmalar shaklida bo'ladi. Azotning asosiy qismi atmosferada (massa bo'yicha 75,6%) erkin holda bo'ladi. Birikmalar shaklida esa yer po'stlog'ining 0,4 % ini (massa bo'yicha) azot tashkil etadi. U turli organik moddalar tarkibida, odam, hayvonlar va o'simliklar organizmida, qazilma boyliklar, ko'mir, neft, torf, slanes tarkibida uchraydi. Anorganik birikmalar shaklida azot kam uchraydi. Uning natriy nitrat tuzi (Chili selitrasi) Chilida va janubiy Afrikada, kaliy nitrat (Hind selitrasi) esa Hindistonda topilgan. Ma'lum miqdor ammoniy sulfat tuzi ko'mirni kokslashdan olinadi.

Azot tirik tabiatda odamlar, hayvonlar va o'simliklar hayotida benihoyat muhim rol o'ynaydi, muhim ozuqa mahsuloti hisoblanadi. U oqsil tarkibiga kiradi. Organizmda muhim biokimyoviy jarayonlarda ishtirok etadi. Ammo odam va hayvonlar, o'simliklar, mikroorganizmlar tanasida oqsillar yoki boshqa organik moddalar (fermentlar, vitaminlar, garmonlar, nuklein kislotalar va boshqalar) sintezida elementar holdagi azot emas (u juda inert elementdir, uning disotsiyalanish energiyasi 945 kJ/mol' bo'lib, atomlari orasidagi bog'lar juda mustahkamdir, taqqoslash uchun xlor molekulasining dissotsiyalanish energiyasini 243 kJ/mol olish mumkin), balki uning birikmalari ishtirok etadi.

Azot birikmalari bo'yoqlar, plastmassalar (aminoplastlar) kimyoviy tolalar (kapron, neylon, enant, poliamid tolalar) suratkashlik preparatlari, dori-darmonlar, portlovchi moddalar, azotli o'g'itlar, ammiak va nitrat kislotasi va boshqa o'nlab xalq xo'jaligi uchun muhim bo'lgan qator mahsulotlar ishlab chiqarishda ishlatiladi.

Ishlatish sohaslarining kengligi, azot birikmalari manbalarining esa kamligi, atmosfera azotini biriktirib olish muammosini ko'ndalang qilib qo'ydi. Atmosfera azoti bitmas-tuganmasdir. Har gektar yer yuzasiga to'g'ri keladigan atmosfera azotining massasi 80000 tonnaga tengdir.

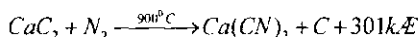
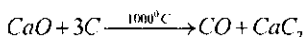
### 7.2. Atmosfera azotini birikmaga aylantirish usullari

Atmosfera azotini tabiatda faqat tugunak bakteriyalari (dukkakli o'simliklar ildizida bo'ladi) o'zlashtira oladi. Yana chaqmoq chaqqanda havoda azot oksidlanadi, yog'in bilan birga yerga tushadi. 1898-yilda olimlarning Britaniya assotsiatsiyasi majlisida Kruks texnologlar uchun muhim muammoni o'rtaga tashladi: «Atmosfera azotini bog'lab olish buyuk

kashfiyotlardan biri bo'lib, uni kimyogarlar ixtirochiligidan ko'rish kerak», degan edi. Shundan keyin ko'p o'tmay bu kashfiyot amalga oshdi. XX asrning boshlarida atmosfera azotini biriktirib olishning uch usuli topildi:

- 1) sianamidli usul;
- 2) elektr yoy usuli;
- 3) ammiak sintezi usuli.

**Sianamidli usulda** (1904-yilda A. Frak va N. Karolar bu usulni kashf etishgan) yuqori haroratda ohakka ko'mir qo'shib maxsus pechlarda qizdiriladi. So'ngra hosil bo'lgan kalsiy karbid sianamidga aylanadi.



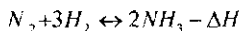
Kalsiy sianamid, sianamid  $NH_2CN$  ning hosilasi bo'lib, kukunsimon kulrang modda (sianamidning tuzilishi quyidagicha  $H_2N-C \equiv N$ ). Unga suv bug'i ta'sir ettirilganda, osonlikcha parchalanib, ammiak va kalsiy karbonatga aylanadi,  $Ca(CN)_2 + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3 + 75 kJ$

Shu usulga asoslangan birinchi ammiak zavodi 1905-yilda Italiyada qurilib ishga tushirildi. Uning mahsuldorligi 4 ming t/ yilga teng bo'lgan. Bu usulda ishlab chiqarilgan ammiak qimmatga tushar edi, 1 t sianamidga 12000 kVt/s elektr energiyasi sarflanadi.

**Elektr yoy (plazma) usuli** (1905-yilda kashf etilgan). Atmosfera azotini past haroratli plazmada (2200 K dan yuqori haroratda) to'g'ridan to'g'ri kislorod bilan oksidlashga asoslangan (elektr uchqunida azot yonishini 1785-yilda Kavendish va Pristli topgan edi).

Past haroratli havo plazmasi bu ionlashgan havo bo'lib, gaz ionlari va erkin elektronlardan iborat bo'ladi. Plazma holati yuqori chastotali elektr yoyida gazlarning zaryadsizlanishidir, yadro reaksiyalarida kuzatiladi. Plazma usuliga asoslangan birinchi zavod 1905-yilda Norvegiyada X. Birkelanda va S. Eyde usuli asosida qurilib ishga tushirildi. Bu usulda ko'p energiya sarflanadi. (1t NO olish uchun 60 000 kVt/s elektr energiyasi sarflanadi.) NO ning unumi past (5%) bo'ladi. NO ning tannarxi qimmatga tushadi.

**Ammiakli usulda**  $N_2$  to'g'ridan to'g'ri  $H_2$  bilan biriktiriladi. Bu haroratda, bosim va katalizator ishtirokida boradi.



Bu usulda olingan ammiakning tannarxi ancha arzoniga tushadi. Hozirgi vaqtda bu usul ammiakni sanoatda ishlab chiqarishning birdan bir usulidir.

Bu usulni ancha vaqtgacha qo'llashning iloji bo'lmadi. Chunki bunda yuqori bosim (1000 atm. gacha) talab qilinardi. Yuqori bosimni faqatgina XX asrning 10-yillarida hosil qilish mumkin bo'ldi.

Bu usulni birinchi bo'lib 1908-yilda nemis olimi Gaber kashf etdi, 1913-yilda uni ishlab chiqarishga tatbiq etdi. Bu kashfiyot uchun 1920-yilda Nobel mukofotiga sazovor bo'ldi. Bu usulga asoslanib birinchi zavod Germaniyada qurildi, uning mahsuldorligi 20—25 t/sutkaga teng bo'lib, reaksiya 200—225 atm. bosim va 550° C haroratda, katalizator ishtirokida olib boriladi. Unumi 8—9 % ga teng.

Hozirgi paytda ammiak ishlab chiqarish sohasi ancha rivojlangan bo'lib, jahonda 1980-yilda 67,5 mln t, jumladan sobiq SSSRda 16,73 mln t, AQSHda 17,26 mln t sintetik ammiak ishlab chiqarildi. Hozirgi paytda (ammiak) atmosfera azotini biriktirib olishning mikrobiologik usuli kashf etilgan. Hech qanday yuqori haroratsiz, bosim va katalizatorsiz laboratoriya sharoitida atmosfera azotini biriktirib olish mumkinligi aniqlandi. Kelajakda ushbu usul bilan juda arzon azot birikmalari ishlab chiqarish yo'lga qo'yiladi. Hozirgi vaqtda O'zbekiston Respublikasida kontakt usuli bilan 2 mln t ga yaqin ammiak ishlab chiqariladi.

### **7. 3. Ammiak sintezi uchun azot vodorodli aralashmaning olinishi va tozalash usullari**

Ammiak sintezi uchun 1:3 nisbatda azot vodorodli aralashma kerak bo'ladi. Azot sanoatda suyuq havodan ajratish yo'li bilan olinadi. Havo tarkibi hajm jihatdan o'lchanganda 78 % azot, 21 % kislorod va 0,94 % argondan iboratdir. Yana havo tarkibida oz miqdorda CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, Ne, He, Kr, Xe lar uchraydi.

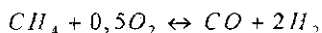
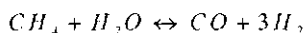
Havo avval katta bosimda siqilib sovutiladi, suyultiriladi, so'ngra suyuq havo tarkibidagi komponentlarning qaynash haroratlarning har xilligidan foydalanib (Q. t: N<sub>2</sub>=-195,80; O<sub>2</sub>=-183,0; Ar=-185,7°C) rektifikatsiya minoralarida fraksiyalarga ajratilib toza holda N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> va Ar olinadi.

Vodorod sanoatda turli yo'llar bilan olinadi:

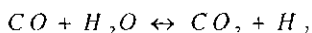
- 1) metan va uni gomologlarining konversiyasi;
- 2) qattiq yoqilg'ini gazga aylantirganda hosil bo'lgan SO ning konversiyasi;
- 3) koks gazlarini ajratish;
- 4) suvni yoki NaCl eritmasini elektroliz qilish orqali olinadi.

Iqtisodiy ko'rsatkichlari jihatidan eng arzon va asosiy sanoat usuli birinchi usuldir. Metan konversiyasining (konversiya lotincha conversio so'zidan olingan bo'lib, o'zgarish, aylanish ma'nosini anglatadi) birinchi mahsuloti sintez gaz ( $m\text{CO}+n\text{H}_2$ ) deb ataladi. U vodorod olishdan tashqari metanol sintezi, yuqori molekular og'irlikka ega bo'lgan spirtlar sintezi, sintetik benzin sintezi va boshqalar (so'nggi paytlarda CO gazi temir rudalaridan, temirni qaytarib toza temir olishda ham ishlatila boshlandi). sintezida ham ko'p ishlatiladi.

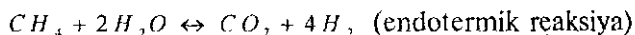
Konversiya usuli metanni suv bug'i yoki kislorod bilan oksidlanishiga asoslangan:



Keyin hosil bo'lgan CO ni suv bug'i bilan konversiya qilinadi.



Metanning suv bug'i bilan konversiyasi reaksiyasini umumiy holda quyidagicha yozish mumkin:



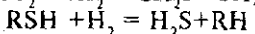
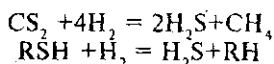
Metan va CO konversiyalari katalizator ishtirokida ( $CH_4$  uchun nikel, CO uchun temir, xrom, rux-xrom-misli katalizatorlar qo'llaniladi) boradi.

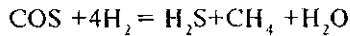
Rux-xrom-misli katalizator qo'llanganda CO konversiyasi past haroratda (250 — 300°C) boradi. Konversiyalangan gaz tarkibida qolgan CO ning miqdori 0,2 — 0,4 % dan (hajm bo'yicha) oshmaydi. Bunday hollarda ko'pincha CO dan tozalash uchun absorbsion usul o'rniga faqat metanlash-gidrogenlashdan foydalanish mumkin.

Yuqorida keltirilgan reaksiyalardan ma'lumki, olingan vodorod gazi toza emas, tarkibida 30 % gacha  $CO_2$ , 0,5—4 % gacha CO saqlaydi. Ozroq miqdor  $O_2$  birikmalari bilan ifloslangan bo'ladi. Bu aralashmalar ammiak sintezida ishlatiladigan katalizatorni zaharlaydi. Shuning uchun ularni tozalash kerak bo'ladi.

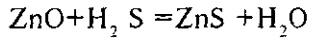
Vodorodni begona aralashmalardan tozalashning turli usullari qo'llaniladi: a) qattiq sorbentlar bilan aralashmalarni adsorbsiyasi; b) suyuq sorbentlar bilan absorbsiyalanish; d) chuqur sovitish bilan aralashmalarni kondensatlash; e) kattalik gidrogenlash va boshqalar. a) usul bilan begona qo'shimchalar kam bo'lganda (C saqlovchi birikmalarda) qo'llaniladi; b) usul  $CO_2$  va CO lardan tozalashda ishlatiladi; d) usul qimmatga tushganligi uchun hozirgi paytlarda ammiak ishlab chiqarishda qo'llanilmaydi (azotning boshqa birikmalari sanoatida qo'llanilmoqda); e) usul  $CO_2$ , CO va  $O_2$  ning miqdori kam bo'lganda qo'llaniladi.

**Konversiya gazini oltingururtli birikmalardan tozalash.** Tabiiy gaz tarkibida turli C li birikmalar saqlaydi:  $H_2S$ ,  $CS_2$ , COS merkaptanlar (asosan etil merkaptan  $C_2H_5SH$  5—30 mg/m<sup>3</sup> gacha) va boshqalar. Barcha C birikmalarni 350—450°C haroratda kobalt-molibdenli katalizator ishtirokida  $H_2S$  gacha gidrogenlanadi:



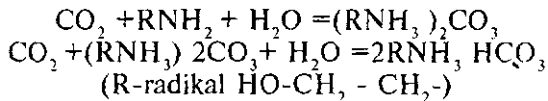


Hosil bo'lgan  $\text{H}_2\text{S}$  qattiq yoki suyuq adsorbentlar yordamida adsorbtsiyalanadi. Qattiq adsorbent sifatida aktivlangan ko'mir, temir hidroksidi, rux oksidi va suyuq adsorbent sifatida: ammiakli suv, etanolaminlar, mishyak sodali eritma, karbonatlar eritmalari va boshqalar ishlatiladi. Ayniqsa, rux oksidi ko'p ishlatiladi – (GIAP – 10 adsorbenti).



Tozalangan gazda  $\text{H}_2\text{S}$  ning miqdori  $1 \text{ mg/m}^3$  dan ortiq bo'lmaydi. Bu reaksiya  $400 - 500^\circ\text{C}$  da boradi.

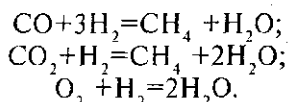
**Konversiya gazini  $\text{CO}_2$  dan tozalash.** Konversiya gazi tarkibida 17–30 % gacha  $\text{CO}_2$  saqlaydi. Uni suyuq sorbentlar yordamida: suv, etanolamin, ishqor eritmalari bilan tozalaydilar.  $\text{CO}_2$  boshqa qo'shimchalarga nisbatan bosim ostida sovuq suvda yaxshi eriydi. Mana shu xossasiga asoslanib  $\text{CO}_2$  suv bilan yuttirib ajratib olinadi. Buning uchun ichi nasadkali minoralarda gaz, suv sachratish bilan ( $2-3 \text{ mPa}$  bosimda) yuviladi. Minoradan oqib tushuvchi suv turbinani aylantiradi, u nasos bilan birga mahkamlangan bo'ladi. Nasos suvni ko'tarib yana minorani sug'orishga beradi. Natijada unga beriluvchi energiya tejaladi. Turbinada bosim pasayadi, atmosfera bosimiga tenglashadi. Natijada suvda erigan  $\text{CO}_2$  va vodorod gazlari ( $80\% \text{ CO}_2$ ,  $11\% \text{ H}_2$ ) desorbtsiyalanib, ajralib chiqadi. Bu gaz ( $\text{CO}_2$ ) yig'ib olinadi, turli maqsadlarda ishlatiladi. Masalan, karbamid sintezida, quruq muz tayyorlashda va boshqa mahsulotlar olishda ishlatiladi. Bu usulning kamchiligi ko'p elektr energiyasi sarflanishi va ancha vodorodning yuqotilishidadir. Shuning uchun ham keyingi yillarda bu usul ko'p qo'llanilmaydi, balki sorbsion va selektivlik xossasi suvdan ancha yuqori bo'lgan etanolamin bilan tozalash keng qo'llanilmoqda. Bunda mono- va di- etanolaminning ( $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$  va  $\text{NH}(\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH})_2$ ) suvdagi 15 % li eritmasiga  $\text{CO}_2$  yuttiriladi.



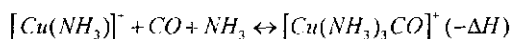
Yuttirish jarayoni  $40 - 45^\circ\text{C}$  da olib boriladi. Adsorbtsiyalanish natijasida hosil bo'lgan karbonat va gidrokarbonatlar  $120^\circ\text{C}$  da desorbentda  $\text{CO}_2$  ajratib parchalanadilar. Yuttiruvchi sifatida metanol, propilen karbonat, sulfolan kabi moddalar ham ishlatilishi mumkin ( $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3$  – propilen karbonat,  $\text{C}_4\text{H}_8\text{SO}_2$  – sulfolan).

**Gazni CO dan tozalash.** Mis ammiakli eritma bilan yuttirish, suyuq azot bilan katalitik gidrogenlash kabi usullar bilan amalga oshiriladi. Keng qo'llaniladigani suyuq azot bilan yuvish usulidir. Bunda gaz katalizator zaharlaridan ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ), qisman  $\text{CH}_4$  va aromatik uglevodorodlardan inert aralashmalardan tozalanadi. Bu qo'shimchalar hammasi suyuq azotning haroratidan ko'ra yuqori haroratda qaynaydi, shuning uchun kondensatsiyalanadi va suyuq azotda eriydi. Yuvish kolonnasida shunday harorat saqlanadiki, bunda  $\text{N}_2:\text{H}_2$  nisbati taxminan 3:1 bo'lib, vodorod gazi  $\text{N}_2$  bilan to'yinadi.

**Katalitik gidrogenlash (metanlash)**  $\text{CO}$  va  $\text{CO}_2$  miqdori 1% gacha bo'lganda qo'llaniladi. Bunda nikel katalizatori (aluminiy oksidiga shimdirilgan bo'ladi) va 200 — 400°C haroratda quyidagicha reaksiya asosida boradi:



Gazni CO dan tozalash is gazining ( $\text{CO}$ ) mis ammiakli eritmaga absorsiyalash deganda mis ammiakli kompleks hosil bo'lishiga asoslangan. Oddiy sharoitda mis ammiakli eritmaning yutish qobiliyati past, ammo haroratni pasaytirib bosim oshirilsa, u kuchayadi. Shuning uchun ham  $\text{CO}$  ni tozalash yuqori bosim (10—32 MPa) va past haroratda (0—10°C, bundan past bo'lsa eritma kristallanib qolishi mumkin) olib boriladi. Odatda kuchsiz kislotalar; sirka, chumoli, karbonat kislotalarining mis ammiakli eritmaları qo'llaniladi. Masalan, mis atsetatining mis ammiakli eritmasiga  $\text{CO}$  ni absorbsiyalanish reaksiyasi quyidagicha boradi:



Reaksiya qaytar reaksiyadir. Absorbentni pereneratsiyalash uchun bosimni atmosfera bosimigacha kamaytirilib, 80 °C gacha qizdiriladi.

Tozalashning absorbsion usulida konversiyalangan gaz tarkibida 1 % gacha (hajm bo'yicha)  $\text{CO}_2$  va  $\text{CO}$  qoladi. So'ngra u faqat katalitik gidrogenlash yo'li bilan tozalanadi.

## 7.4. Ammiak sintezi

Ammiak sintezining nazariy asoslari. Ammiak sintezi reaksiyasi qaytar reaksiya bo'lib, issiqlik chiqishi bilan boradi.  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \leftrightarrow 2\text{NH}_3$

Reaksiyada gazning hajmi 2 marta kamayadi: Le-Shatel'e prinsipiga muvofiq haroratni oshirish  $\text{NH}_3$  ni parchalanishi tomon, bosimni ortishi esa reaksiyani  $\text{NH}_3$  ni sintezlanishi tomon borishini ta'minlaydi.



Uy temperaturasida 1 atm. (1.01 — 105 Pa) bosimda reaksiya muvozanati to'liq ammiak sintezi tomon siljiydi, ammo reaksiya tezligi juda past bo'ladi.

Reaksiya katalizator ta'siridagina yetarli darajada tez ketadi. Ammo katalizator 400 — 500°C da aktivlik ko'rsatadi. Bundan yuqori haroratda ammiak sintezi yuqori bosimdagina boradi.

Reaksiya unumining harorat va bosimga bog'liqligini quyidagi jadvalda (2-jadval) ko'rish mumkin.

2-jadval

**Reaksiya unumining harorat va bosimga bog'liqligi**

T°C	Ammiakning miqdori, %	
	30 MPa	100 MPa
200	89.94	98.29
300	70.96	92.55
400	47.00	79.82
500	26.44	57.47
600	13.77	31.43
700	7.28	12.83

2-jadvaldan ko'rinib turibdiki, muvozanatni  $NH_3$  hosil bo'lishi tomon siljitish uchun yuqori bosim va past harorat kerak bo'ladi. Hatto eng yuqori bosimda ham katalizator qo'llanilmasa, reaksiya unumi past bo'ladi. Ishlab chiqarish sharoitida reaksiya 400—500° C haroratda qattiq katalizator ishtirokida va bosimda olib boriladi. Ammiak sintezi reaksiyasida: temir, uran, osmiy, radiy, platina, molibden va boshqa metallar aktiv katalizator bo'la olishi aniqlangan. Eng aktivi uran va osmiydir, ammo qimmatligi va zaharlarga chidamsizligi uchun ular qo'llanilmaydi. Sanoatda temir katalizator keng qo'llaniladi. Bu ham arzon, ham ancha aktiv, yuqori haroratga va zaharlarga chidamli,  $H_2S$  va boshqa S li birikmalar Fe ni qaytmas qilib zaharlaydi. Agar 0,1 % S li birikma bo'lsa (azot vodorodli gazlar aralashmasida) katalizator aktivligini 50 % ga 1 % S- li birikma bo'lsa 100% ga pasaytiradi.  $H_2O$ , CO,  $CO_2$  lar esa katalizatorni juda kuchli zaharlaydi, ammo qaytar zaharlanadi (ya'ni, yana katalizatorni aktivlash mumkin bo'ladi).

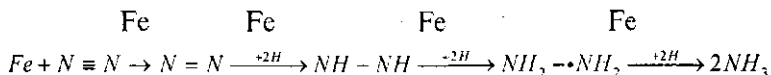
Katalizatorni tayyorlash uchun magnit temirtosh ( $Fe_3O_4$ ) kislorod ishtirokida va promotorlar:  $Al_2O_3$ ,  $K_2O$ , CaO,  $SiO_2$  (promotorlar aktiv yuzali strukturaga ega bo'lgan, katalizator massasining hosil bo'lishini ta'minlovchi ta'sirga ega bo'lgan birikmalardir)-va boshqa birikmalar bilan aralashtirib suyuqlantirish yo'li bilan tayyorlanadi, so'ngra katalizator vodorodli aralashma bilan toza metall holdagi temirgacha qaytariladi.

Ammiak sintezi bu tipik geterogen katalitik jarayon bo'lib, bir necha bosqichda boradi:

1) gazlar aralashmasidan azot va vodorodning katalizator sirtiga va ichki g'ovaklariga adsorbsiyasi;

2) katalizatorga gazlarning kimyoviy adsorbsiyalanishi;

3) katalizator sirtida azotning vodorod bilan o'zaro ta'siri. Bunda azot katalizatoridan elektron oladi, vodorod esa katalizatorga elektronlar beradi, ya'ni uni yo'qotgan elektronlari o'mini to'ldiradi. Buning natijasida navbat bilan: imid-amid va ammiak hosil bo'ladi. Bu jarayonni quyidagicha tasvirlash mumkin:



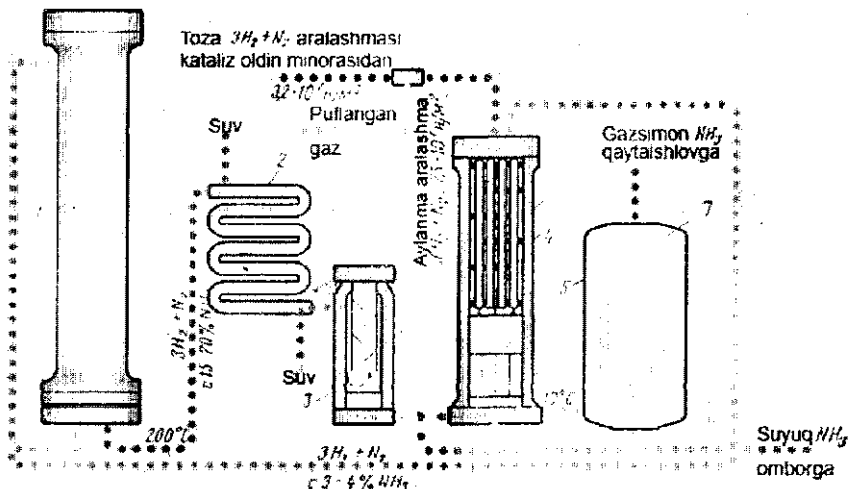
Ammiak sintezi qurilmasining yuqori va barqaror mahsuldorligini ta'minlashning asosiy shartlari quyidagilardir:

1) azot vodorodi aralashmaning yuqori darajada tozalanishi (inert gazlar va katalizator zaharlaridan tozalash);

2)  $\text{N}_2:\text{H}_2$  nisbatani 1:3 holatda saqlash;

3) katalizatorning hamma joyida haroratni optimal saqlash;

4) kontakt uskunasi kiruvchi gazlar aralashmasi tarkibida  $\text{NH}_3$  miqdorini kamaytirish;



64-rasm. O'рта bosimda ammiak ishlab chiqarish sxemasi:

- 1 — sintez kolonnasi; 2 — bug' qozoni suvini qizdirgichi; 3 — suvli sovutgich; 4 — kondensator; 5 — sirkulatsiyalovchi (aylantiruvchi) turbokompressor; 6 — kondensatsiya kolonnasi; 7 — bug'lantirgich.

5) sintez minorasining takomillashgan konstruksiyasi yaratilishi.

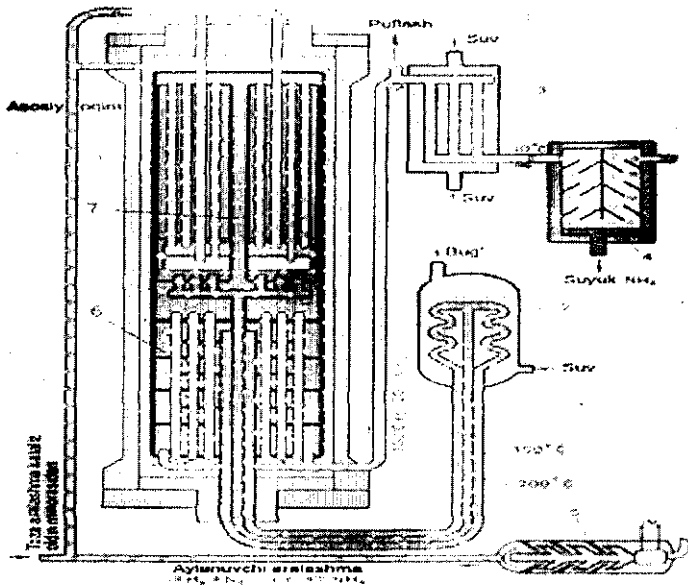
**O'rtacha bosimda ammiak sintezlash.** Sanoatda sintetik ammiak ishlab chiqarish qo'llaniladigan bosimga qarab uch xil bo'ladi:

- 1) past bosimda — 10 MPa gacha;
- 2) o'rtacha bosimda — 25—60 MPa;
- 3) yuqori bosimda — 60—100 MPa.

Hozirgi vaqtda ko'pincha o'rta bosimda ammiak ishlab chiqarish qo'llaniladi. O'rtacha bosimda ammiak ishlab chiqarishning texnologik sxemasi 64-rasmda berilgan.

Toza va aylanma gazlar aralashmasi ko'p pog'onali turbokompressorda 5 (bug', havo, gazlar bilan ishlovchi motorga turbina deyiladi, kompressor havoni yoki gazlarni siquvchi uskuna) 30—22 MPa gacha siqilib ammiak sintezi kolonnasiga (1) beriladi, unda ammiak sintezlanadi. Sintez kolonnasidan (kolonna — ustun) chiqqan tarkibida hajm jihatdan 20% gacha  $\text{NH}_3$  saqlovchi gaz (harorati  $400^\circ\text{C}$ ) avval bug' hosil qiluvchi qozon orqali o'tib, suvli sovitgichga (3) ga boradi. So'ngra  $30\text{--}40^\circ\text{C}$  haroratgacha soviydi va seperatorga (3) (ajratuvchi uskuna) boradi. Separatorda ammiakning bir qismi gazlardan ajraladi, kodensatlanadi. Reaksiyaga kirishmay qolgan aylanma gazlar sirkulatsiya gazlari deyilib, kompressor (5) da so'rib olinadi. Ammiak hosil bo'lishiga sarflangan gaz miqdoriga teng miqdordagi toza azot vodorodli gazlar aralashmasi bilan qo'shilib, ammiakli gazlar aralashmasidan to'liqroq ajratish uchun kondensatsiya kolonnasiga yuboriladi. Bunday qilish toza azot vodorodli gazlar aralashmasini suyuq ammiak bug'lantirgich (7) da va kondensator (6) da aralashgan suyuq ammiak bilan bevosita to'qnashuvi natijasida  $-10^\circ\text{C}$  gacha sovitish orqali  $\text{CO}_2$  va  $\text{CO}$  lardan yanada qo'shimcha ravishda tozalash hamda ammiakni to'liqroq ajratish imkonini beradi. Gaz kondensatsiya kolonasi (6) dagi issiq almashtirgichning tashqi tomonidan — quvurlar aro bo'shliqdan (a) hamda gaz ajratgichdan (b) nasadka (d) (tomchilarni ushlab qoladi) orqali o'tib (gazni issiqligidan ammiak bug'lanadi, gaz esa soviydi) sovigan gaz yana kondensatsiya kolonna (5) ga kiradi va suyuq ammiakdan ajralib nasadka orqali issiq almashtirgichning ichidan o'tadi, o'z issiqligining bir qismini kirayotgan gazga berib, sintez kolonnasining yuqori qismidan kiradi. Sirkulatsiya gazlari tarkibida asta-sekinlik bilan inert qo'shimchalar ( $\text{CH}_4$ , Ar) to'planib, miqdori ko'payib boradi. Bu holat reaksiya unumdorligiga salbiy ta'sir etadi. Shuning uchun vaqti-vaqti bilan sirkulatsiya gazlari tashqariga chiqarib yuboriladi va tarkibidagi qo'shimchalarni shunday yo'l bilan kamaytirib turiladi. Ammiak sintezlash qurilmasining asosiy qismi sintez kolonnasidir (65-rasmga qarang).

Kolonna korpusining ichida nasadka (ichki qurilma) bo'lib, u katalizator



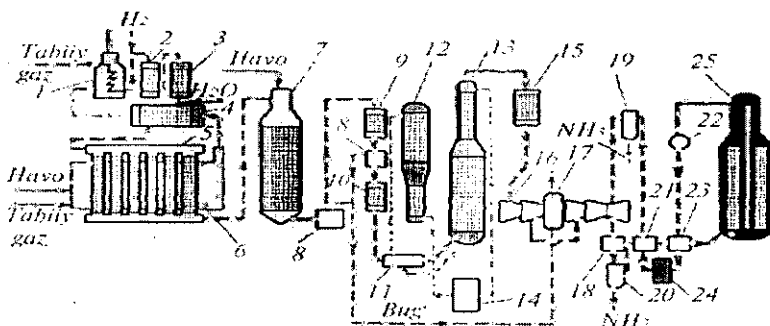
65-rasm. O'rtta bosimda ammiak sintezi kolonnasi:

- 1 — kolonna korpusi; 2 — katalizator oralig'idagi aylana bo'shliq;  
 3 — katalizator qutisi; 4 — issiq almashtirgich; 5 — foydalanish qozoni;  
 6 — boshhoqsimon panjara; 7 — markaziy quvur.

qutisi va issiq almashtirgichdan iborat bo'ladi. Katalizator qutisi kolonnaning yuqori qismiga joylashgan bo'lib, katalizator oralariga va kolonnaning ostki qismiga quvursimon issiq almashtirgich o'rnatilgan. Bular jarayonning avtotermikligini (o'zini-o'zi issiqlik bilan ta'minlash) ta'minlaydi. Katalizator, quvursimon holda joylashtirilgan reaktorlar, qaytar izotermik jarayonda optimal harorat sharoitini ta'minlay oladi. Hozirgi zamon yirik ammiak sintezi qurilmalarida tokchali sintez kolonnalari qo'llanilmoqda. Bunda katalizator qutisiga o'rnatilgan tokchalarga katalizator qo'yiladi. Katalizatorning miqdori (qavatning qalinligi) gaz tezligining kamayishi va gazning ammiakga aylanish darajasining kamayishi bilan ortib boradi. Tokchali sintez kolonnasida harorat sharoiti optimalga yaqin. Shuning uchun mahsuldorlik ham quvursimon kolonnalarga nisbatan tokchali kolonnalarda anchagina yuqori bo'ladi. Harorat sharoitini optimalga juda yaqinlashtirish uchun tokchali sintez kolonnasida katalizatorni muallaq turuvchi holda joylashtirib va oralig'iga sovitgichlar o'rnatish lozim.

**Ammiak ishlab chiqarishning hozirgi zamon sxemasi.** Yangi qudratli yirik ishlab chiqarish qurilmalarini loyihalashda fan va texnikaning so‘nggi yutuqlariga asoslanib, eng kam energiya, kapital mablag‘ sarflangan holda, yuqori unumdorlik bilan eng arzon tayyor mahsulot ishlab chiqarish maqsad qilib qo‘yiladi.

Ammiak ishlab chiqarishda bu maqsadga reaksiya issiqligidan to‘liqroq foydalanish imkoniyatini beruvchi yirik agregatlarni barpo etish orqali erishiladi. Eng so‘nggi fan yutuqlari asosida ishlovchi metan konversiyasi bilan birga ammiak sintezini qo‘shib amalga oshiruvchi ammiak sintezi qurilmasining sxemasi 66-rasmda berilgan. Bunda havo bilan sovituvchi uskunalar keng qo‘llanilgan, bu suv sarfini ham ancha kamaytiradi. Bu esa hukumatimizning texnik maqsadlarda suv sarfini kamaytirish haqidagi qarorlariga amaliy javobdir. Shu sxemada ishlaydigan zavodning quvati 1500 t/sutkaga teng bo‘lib: bunda ikki bosqichli bug‘ havoli metan konversiyasi, CO ning yuqori va past haroratli konversiyasi, monoetalomin bilan CO<sub>2</sub> dan tozalash, CO va CO<sub>2</sub> dan katalitik gidrogenlash yo‘li bilan batamom tozalash usullari qo‘llaniladi.



**66-rasm.** Metan konversiyasi bilan birga ammiak sintezini qo‘shib amalga oshiruvchi qurilmaning sxemasi: 1 — tabiiy gaz qizdirgichi; 2 — organik o‘tingugurtli gidrogenlash reaktori; 3 — vodorod sulfid adsorberi; 4 — issiqlik almashtirgich; 5 — quvursimon pech metan konvertori; 6 — yoqish pechi; 7 — konvertorli metan shaxtasi; 8 — bug‘ qozoni; 9 — CO gazining birinchi darajali konvertori; 10 — CO gazining ikkinchi darajali konvertori; 11 — issiq almashtirgich; 12 — SO<sub>2</sub> reaktori; 13 — SO adsorberi; 14 — havo sovitgichi; 15 — metanator; 16 — gaz trubinali trubokompressor; 17 — bug‘ trubinasi; 18 — ammiak sovitgichi; 19 — birlamchi separator; 20 — ikkilamchi separator; 21 — sovuq-issiq almashgich; 22 — bug‘ qozonlarini qizdirgichi; 23 — issiq almashgich; 24 — ammiak sintezi kolonnasi; 25 — tokchali sintez kolonnasi.

Tabiiy gaz ( $\text{CH}_4$ ) 4MPa bosim ostida oltingugurtli birikmalardan tozalangach 3,7:1 nisbatda suv bug'i bilan qo'shilib chiqib ketuvchi gazlar issiqligi bilan issiq almashtirgichda (4) qizib, tabiiy gaz yoqiluvchi quvursimon metan konvertoriga (5) keladi. Metanning suv bug'i bilan konversiyasi CO hosil bo'lguncha nikel katalizatori ishtirokida va 800—850° C haroratda olib boriladi. Konversiyaning birinchi bosqichidan keyin konversiyaga uchragan gazning tarkibida 9—10 % metan qoladi. So'ngra gaz havo bilan aralashtirilib shaxtali metan konvertoriga (7) yuboriladi. U yerda 900—1000° C da qolgan metan havo kislorodi bilan (bug' gazining nisbati 0,8:1) konversiyaga uchraydi. Shaxta konvertoridan gaz, bug' hosil qilish qozoniga yuboriladi. Bu qozonda yuqori parametrli bug' (10MPa, 480° C) hosil bo'lib, u markazdan qochma kompressorlarning turbinasini harakatga keltirish uchun foydalaniladi. Gaz, bug' hosil qilish qozonidan uglerod (II) oksidi ikki bosqichli konversiyasiga boradi. CO ning konversiyasi avval birinchi bosqichli konvertorda (9) o'rtacha haroratli temir xromli katalizator ishtirokida 430—470° C da, keyin esa ikkinchi bosqichli CO konvertorida (10) rux-xrom-misli katalizator ishtirokida 200—260° C da boradi. Ikkinchi bosqichli CO konvertordan chiqqan gazlar issiqligi gazni  $\text{CO}_2$  dan tozalovchi absorbentdan chiqqan monoetanolamin eritmasini regeneratsiyalash uchun sarflanadi. So'ngra gaz  $\text{CO}_2$  dan tozalanishi uchun sovuq monoetanolamin bilan sug'orilib turuvchi absorberga boradi. U yerda 30—40° C da gaz  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  va  $\text{O}_2$  dan tozalanadi. Absorberdan chiqqan gaz tarkibida 0,3% gacha CO, 30—40 m<sup>3</sup>  $\text{CO}_2$  saqlaydi va u 280—350° C da nikel katalizatori ishtirokida metanatorada (15) gidrogenlanadi. Metanatoradan chiqqan tozalangan gazlarning issiqligi avval zavodda ishlatiladigan suvlarni qizdirish uchun sarflanadi. Keyin esa gazlar havo sovitgichlarda yana sovitiladi va reaksiya natijasida hosil bo'lgan suvdan tozalash uchun suv ajratgichdan (rasmda ko'rsatilmagan) o'tkazilib, toza azot vodorodli gaz olinadi. Azot vodorodli gaz aralashmasini 30 MPa gacha siqish uchun va sintez agregatda gazlarning sirkulyatsiyalanishi uchun markazdan qochma kompressorlar ishlatiladi. Toza azot vodorodli aralashma gaz ammiakli sovitgich (18) va seperatordan iborat bo'lgan ikkilamchi kondensatsiya sistemasi (19, 20) oldida sirkulyatsiya gazi bilan qo'shiladi. So'ngra ikkita issiq almashtirgichlardan (21,22) o'tib tokchali sintez kalonnasiga (25) kiradi. Reaksiyaga kirishgan gazlar sintez kolonnasidan 320—380° C haroratda chiqib, avval ta'minot suvini qizdiruvchi uskunadan (22) keyin "issiq" issiq almashtirgichdan (23), havo sovitgichlaridan (24), "sovuq" issiq almashtirgichdan (21) va suyuq ammiakni ajratuvchi seperatordan (19,20) o'tib, keyin sirkulyatsiya kompressoriga (16) boradi. Suyuq ammiak esa seperatordan suyuq ammiak omboriga boradi.

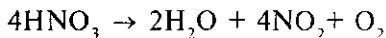
Azot sanoatini rivojlantirishning asosiy vazifasi yirik, qudratli, to 3000 t/sutkagacha  $\text{NH}_3$  ishlab chiqaruvchi agregatlar yaratishdan, yangi ancha aktiv zaharlanishga, kuyishga chidamli bo'lgan, past haroratda aktivlik ko'rsatuvchi katalizatorlar yaratishdan iboratdir.

Respublikamizda "Navoiyazot" ishlab chiqarish birlashmasi, Olmaliq ammosfos va Farg'ona azotli o'g'itlar zavodlarida har yili 1,5 mln t ammiak ishlab chiqarilmoqda.

## 7.5. Nitrat kislota ishlab chiqarish

### Xossalari, ishlatilishi va olinishi

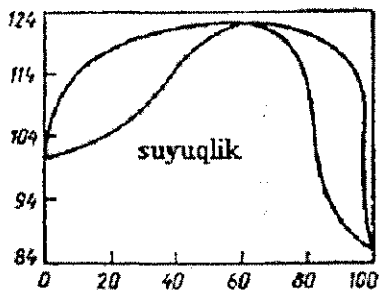
**Xossalari.** Kimyoviy toza, suvsiz 100 %li nitrat kislota — rangsiz suyuqlik, o'tkir hidli, zichligi  $1,52 \text{ g/sm}^3$ ,  $+82,6^\circ \text{C}$  da qaynaydi,  $41,6^\circ \text{C}$  da muzlaydi. Suv bilan har qanday nisbatlarda aralasha oladi. Suyultirilganda issiqlik chiqishi gidratlar hosil bo'lishidan dalolat beradi ( $\text{HNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HNO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). 68,4 %li nitrat kislotasi esa azeotrop aralashma bo'lib,  $121,9^\circ \text{C}$  da qaynaydi (67-rasm), bunda u suv bilan birga qo'shilib haydaladi. Nitrat kislota issiqlik va yorug'lik ta'sirida parchalanadi.



Ajralib chiqqan azot (IV) oksidi kislotada erib, uni qo'ng'ir yoki qizil (erigan  $\text{NO}_2$  ning miqdoriga qarab) rangga bo'yaydi. Shuningdek, nitrat kislota kuchli oksidlovchidir. U oltin, platina, tantal, radiy, iridiydan boshqa barcha metallarni eritib tegishli nitratlar yoki oksidlarga aylantira oladi. Konsentrlangan nitrat kislota ayrim metallarni passivlashtiradi. Masalan, temir, xrom, aluminiylar o'z yuzasini yupqa oksid parda hosil qilib,

metallni nitrat kislotasining takror ta'siridan himoya qiladi. Shu xossasidan foydalanib, konsentrlangan nitrat kislotasi po'lat va aluminiy bochkalarda yoki rezervuarlarda tashiladi va shu xildagi idishlarda saqlanadi.

Ko'pgina organik moddalar, shu jumladan odam va hayvon to'qimalari ham nitrat kislota ta'sirida yemiriladi (masalan, biokimyxo kursida oqsillarning ksantoprotein reaksiyasi) ba'zi birlari esa konsentrlangan nitrat



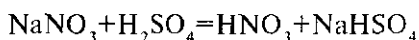
HNO<sub>3</sub>ning eritmadagi % konsentratsiyasi

67-rasm. Atmosfera bosimida nitrat kislotasi suvli eritmasi uchun temperatura tarkibi qaynash diagrammasi.

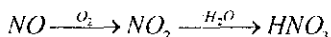
kislota ta'sirida yonib ketishi mumkin. Nitrat kislota va uning oksidlari ( $\text{NO}$  va  $\text{NO}_2$ ) o'ta zaharli bo'lib, atmosferada uning chegaraviy xavfli konsentratsiyasi  $0,1 \text{ mg/m}^3$  ga tengdir.

**Ishlatilishi.** Nitrat kislota ahamiyati va ishlatish sohasining kengligi bo'yicha boshqa anorganik kislotalar orasida faqat sulfat kislota dan keyingi ikkinchi o'rinda turadi. Juda ko'p sohalarda ishlatiladi. Dunyoda ishlab chiqariladigan nitrat kislota ning 75 %i azotli o'g'itlar ishlab chiqarishda, 15 %i portlovchi moddalar olishda, organik bo'yoqlar 10%i, boshqa narsalar: organik reaktivlar, nitrolaklar, plastmassalar, kinoplyonkalar, sun'iy tolalar va boshqa organik moddalar ishlab chiqarishda ishlatiladi. Yana u dori-darmonlar olishda oksidlovchi sifatida, suratxonalarda, nitrozali usulda sulfat kislota va boshqa ko'pgina mahsulotlar ishlab chiqarishda ishlatiladi.

**Olinishi.** Nitrat kislota VIII asrdan buyon ma'lum. Ming yillardan ko'proq vaqtdan beri uni selitrani temir kuporosi yoki qo'sh tuzlar — achchiq toshlar bilan aralashtirib qizdirish yo'li bilan olingan. XVIII asrning oxirlaridan XX asrning 20-yillarigacha nitrat kislota faqat tabiiy selitrada n konsentrlangan sulfat kislota ta'sir ettirib olingan.



Nitrat kislota ning azot oksidlaridan olish mumkinligi ilgari vaqtlardan buyon ma'lum.



Ammo azot oksidini sanoatda olishning tuzukroq usuli uzoq yillar davomida topilmadi. Azot oksidi olishning birinchi plazma (elektr yoy) usuli iqtisodiy samaradorligi darajasi pastligi uchun xalq xo'jaligi sohasida keng tarqalmadi. Ammo bu usulda tabiatda havodagi elektr razryadi paytida azot va kisloroddan azot oksidlari hosil bo'lib turadi. Masalan, chaqmoq chaqqanda  $1500 \text{ kg}$  gacha azot birikma holga o'tadi va u qor va yomg'ir suvlarida erib azot birikmalari shaklida yerga tushadi va yerni azotga boyitadi.

Ikkinchi usul ammiakni oksidlash usulidir. Bu usul 1839-yilda Kyulman  $\text{NH}_3$  platina ishtirokida azot oksidiga aylantirish mumkin ekanligini aniqlagan paytdan boshlab ma'lum. Ammo bu jarayonni sanoatda ishlab chiqarishga tatbiq etish maqsadida XX asrning boshlaridagina V. Ostvold chuqur o'rgandi. Natijada 1909-yilda Germaniyada Ostvold usuli bo'yicha birinchi tajriba zavodi qurildi. Keyinchalik Yevropaning ko'pgina mamlakatlarida (Belgiya, Angliya) ham yuqoridagidek zavodlar qurila boshlandi. Ammo bu zavodlarning mahsuldorligi past edi (masalan, Germaniyadagi zavod yiliga  $1800 \text{ t}$



kuchsiz nitrat kislotaga ishlab chiqarardi, xolos). 1914—16-yillarda injener I.I. Andreyev ammiakning oksidlanishiga turli faktorlarining ta'sirini o'rganib, bu jarayonni ancha takomillashtirdi.

I. Andreyev loyihasi asosida Rossiyada birinchi nitrat ishlab chiqarish zavodi 1917-yilda Yuzovka, hozirgi Donetsk shahrida qurildi. Unda ko'mirni koklashda olinadigan ammiakni ajratib olish va tozalashning yangi usuli qo'llanildi. Kontakt uskunaning keng yuzali konstruksiyasi va platina-iridiyli katalizatoridan foydalanish, yuttirish minoralari qurilishida kislotaga chidamli granitdan foydalanish kabi ko'pgina ijobiy yangiliklar qo'llanilishi sababli zavod mahsuldorligini ancha oshirishga erishildi. I. I. Andreyevning bu sohadagi ishlari dunyoda nitrat kislotaga ishlab chiqarish taraqqiyotiga katta hissa bo'lib qo'shildi.

Sanoatda nitrat kislotaning quyidagi turlari ishlab chiqariladi:

I. Kuchsiz yoki suyuq holda:

1-nav — 56 %li.

2-nav — 47 %li.

3-nav — 45 %li.

II. Konsentrlangan:

1-nav — 98 %li.

2-nav — 96 %li.

III. Melanj (fransuzcha so'z bo'lib, aralashma ma'nosini anglatadi) 89 % nitrat kislotaga, 7,5 % sulfat kislotadan iborat.

## 7.6. Nitrat kislotaga ishlab chiqarishning nazariy asoslari

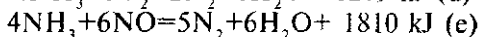
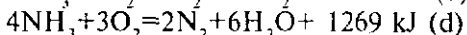
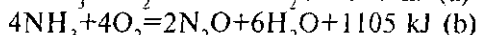
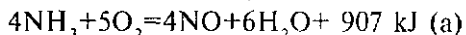
Ammiakdan nitrat kislotaga ishlab chiqarish yo'li uch bosqichdan iborat:

1) havo kislorodi bilan ammiakni oksidlash;

2) azot(II)-oksidini azot (IV)-oksidigacha oksidlash va azot (IV)-oksidini dimerlash;

3) azot (IV)-oksidini va azot qo'sh oksidini suv bilan adsorbtsiyalash.

**I. Havo kislorodi bilan ammiakni oksidlash.** Ammiak katalizator ishtirokida oksidlanganda sharoitga qarab reaksiyalar quyidagicha boradi:



a) reaksiya asosiy, qolganlari qo'shimcha reaksiyalar bo'lib, hammasi ham qaytmas reaksiyadir. Shuning uchun ham, jarayonning yo'nalishi reaksiyalar tezliklarining nisbatlariga bog'liq bo'ladi. Agar katalizator

bo'lmasa yuqori haroratda ( $900^{\circ}\text{C}$  dan yuqori ) ammiak yonib, erkin azot va suvga aylanadi (d-reaksiya bo'yicha). Platina katalizatori yuzasida esa reaksiya boshqacha (a) reaksiya jarayoni bo'yicha boradi.

Sanoatda amalda qo'llaniladigan eng aktiv va tanlab ta'sir etuvchi selektiv katalizator, bu platina va uning palladiy, radiylar bilan qotishmasidir. Ular asosiy reaksiyani (a) tezlashtirib, qo'shimcha reaksiyalarga (b,d,e) ta'sir etmaydi. Shunday katalizator optimal sharoitda ammiakni kislorod bilan NO gacha oksidlanish darajasini amalda 98 %ga yetkaziladi. Ammiakning platinali katalizatorlarda oksidlanish reaksiyasi hozirgacha ma'lum bo'lgan reaksiyalar orasida eng tez reaksiyasidir (0,0001 dan 0,0002 sekund). Agar gaz shundan ko'proq katalizator bilan kontaktga bo'lsa ammiak yonadi yoki qo'shimcha reaksiyalar ketadi, NO ning miqdori keskin kamayadi. Platinali katalizator diametri 0,06—0,09 mm gacha bo'lgan ingichka simlardan to'qilgan to'r shaklida (1sm da 1024 ta teshigi bo'ladi) tayyorlanib, ularning bir nechtasi ustma-ust qo'yib setkalarning balandligi 60—150 mm qalinlikda paketlar shaklida tayyorlanadi. Bu holat katalizator yuzasini kengaytirish imkoniyatini beradi. Eng qattiq katalizator qotishmasi 93 % Pt, 4% Pd va 3% Rh dan tayyorlanadi.

Ish jarayonida katalizator simlari sekin-asta yemirilib, mayda zarrachalar shaklida gaz oqimi bilan olib ketiladi.  $800^{\circ}\text{C}$  harorat va 0,1MPa bosimda ishlovchi qurilmalarda It nitrat kislotasi ishlab chiqarilganda platinali katalizatorlardan ham 0,04—0,06 g yo'qotiladi. Harorat va bosimning ortishi bilan katalizatorni yo'qotish ham ortadi. Masalan, 8 MPa bosim va  $900^{\circ}\text{C}$  haroratda ishlovchi qurilmalarda It HNO<sub>3</sub> da 0,13—0,16 g platina yo'qotiladi. Platina va palladiy qiymatining balandligi avvalo ularning kamligi va bunday qimmatbaho nodir metallarning yemirilishi natijasida doim yo'qotilib turilishi nisbatan arzonroq metallarni qo'llashni taqozo etadi. Hozirgi paytda platina metallari bilan bir qatorda, temir yoki vismut oksidlariga, xrom, marganets, vismut kabi metallarni qo'shib tayyorlangan katalizatorlardan keng foydalanilmoqda. Ularning aktivligi va selektivligi ancha kam albatta. Katalizator massasining taxminan 30 %i yo'qotilgach, u qayta suyuqlantirilib boshqatdan katalizator qotishmasiga aylantiriladi. Platina-radiy-palladiyli qotishmadan tayyor bo'lgan katalizator turi 0,1 MPa bosimda ishlovchi qurilmada taxminan bir yilda bir marta almashtiriladi. Oksidlash jarayonining umumiy tezligi, uskuna konstruksiyasi va texnologik sharoitga qarab, platina katalizatorining yuzasiga gaz oqimining ammiakning qanday diffuziyalanganligi bilan aniqlanadi. Bundan tashqari platinaga adsorbsiyalangan ammiak va kislorodning o'zaro ta'siriga ham ozroq bog'liq bo'ladi. Platina yuzasiga adsorbsiyalangan kislorod molekulasini atomlarga ajraladi, atomar kislorod, protonga o'ch

bo'lmasa yuqori haroratda ( $900^{\circ}\text{C}$  dan yuqori) ammiak yonib, erkin azot va suvga aylanadi (d-reaksiya bo'yicha). Platina katalizatori yuzasida esa reaksiya boshqacha (a) reaksiya jarayoni bo'yicha boradi.

Sanoatda amalda qo'llaniladigan eng aktiv va tanlab ta'sir etuvchi selektiv katalizator, bu platina va uning palladiy, radiylar bilan qotishmasidir. Ular asosiy reaksiyani (a) tezlashtirib, qo'shimcha reaksiyalarga (b,d,e) ta'sir etmaydi. Shunday katalizator optimal sharoitda ammiakni kislorod bilan NO gacha oksidlanish darajasini amalda 98 %ga yetkaziladi. Ammiakning platinali katalizatorlarda oksidlanish reaksiyasi hozirgacha ma'lum bo'lgan reaksiyalar orasida eng tez reaksiyasidir (0,0001 dan 0,0002 sekund). Agar gaz shundan ko'proq katalizator bilan kontaktda bo'lsa ammiak yonadi yoki qo'shimcha reaksiyalar ketadi, NO ning miqdori keskin kamayadi. Platinali katalizator diametri 0,06—0,09 mm gacha bo'lgan ingichka simlardan to'qilgan to'r shaklida (1sm da 1024 ta teshigi bo'ladi) tayyorlanib, ularning bir nechtasi ustma-ust qo'yib setkalarining balandligi 60—150 mm qalinlikda paketlar shaklida tayyorlanadi. Bu holat katalizator yuzasini kengaytirish imkoniyatini beradi. Eng qattiq katalizator qotishmasi 93 % Pt, 4% Pd va 3% Rh dan tayyorlanadi.

Ish jarayonida katalizator simlari sekin-asta yemirilib, mayda zarrachalar shaklida gaz oqimi bilan olib ketiladi.  $800^{\circ}\text{C}$  harorat va 0,1MPa bosimda ishlovchi qurilmalarda It nitrat kislotasi ishlab chiqarilganda platinali katalizatorlardan ham 0,04—0,06 g yo'qotiladi. Harorat va bosimning ortishi bilan katalizatorni yo'qotish ham ortadi. Masalan, 8 MPa bosim va  $900^{\circ}\text{C}$  haroratda ishlovchi qurilmalarda It HNO<sub>3</sub> da 0,13—0,16 g platina yo'qotiladi. Platina va palladiy qiymatining balandligi avvalo ularning kamligi va bunday qimmatbaho nodir metallarning yemirilishi natijasida doim yo'qotilib turilishi nisbatan arzonroq metallarni qo'llashni taqozo etadi. Hozirgi paytda platina metallari bilan bir qatorda, temir yoki vismut oksidlariga, xrom, manganets, vismut kabi metallarni qo'shib tayyorlangan katalizatorlardan keng foydalanilmoqda. Ularning aktivligi va selektivligi ancha kam albatta. Katalizator massasining taxminan 30 %i yo'qotilgach, u qayta suyuqlantirilib boshqatdan katalizator qotishmasiga aylantiriladi. Platina-radiy-palladiyli qotishmadan tayyor bo'lgan katalizator turi 0,1 MPa bosimda ishlovchi qurilmada taxminan bir yilda bir marta almashtiriladi. Oksidlash jarayonining umumiy tezligi, uskuna konstruksiyasi va texnologik sharoitga qarab, platina katalizatorining yuzasiga gaz oqimining ammiakning qanday diffuziyalanganligi bilan aniqlanadi. Bundan tashqari platinaga adsorbsiyalangan ammiak va kislorodning o'zaro ta'siriga ham ozroq bog'liq bo'ladi. Platina yuzasiga adsorbsiyalangan kislorod molekulasini atomlarga ajraladi, atomar kislorod, protonga o'ch

bo'lgani uchun ammiak tarkibidagi vodorod va azot bilan birikib NO va suv hosil qilidi. Ammiak oksidlanishining kinetik tenglamasidan

$$U = \frac{dp_{NH_3}}{d\tau} = K \cdot P_{NH_3}$$

ko'rinib turibdiki, ammiak oksidlanishining umumiy tezligi, eng sekin boruvchi bosqich, ya'ni ammiakning platina yuzasiga adsorbsiyalanishi bosqichi bilan belgilanadi.

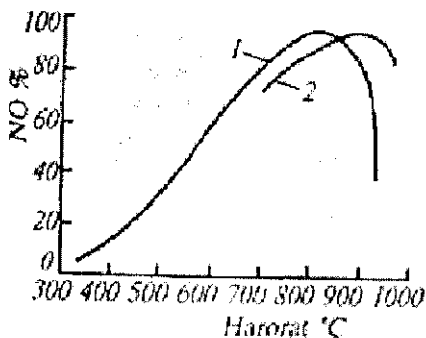
Ammiakning NO ga aylanish darajasi bosim va haroratga ham bog'liq bo'ladi. Bu reaksiya qaytmas bo'lganligi uchun ham bosim qancha ortsa gazlar konsentratsiyasi ham shuncha ortadi, demak, ma'lum bir vaqt oralig'ida  $NH_3$  ning NO ga aylanish miqdori ham ortishi tabiiy. Haroratning  $NH_3$  ni NOga aylanish darajasiga ta'siri 68-rasmda ko'rsatilgan.

0,1MPa platina katalizatorida harorat oshirilib 800° C ga yetganda reaksiya tezligi oshishi natijasida NO ning unumi ortadi. Yuqori bosimda (0,8 MPa) ishlovchi sistemada esa optimal harorat 900°C bo'lishi rasmdan ko'rinib turibdi. Harorat bundan oshirilsa NO ning unumi kamayadi.

Platinali katalizatorlar zaharli, ammiak-havo aralashmasi tarkibidagi begona aralashmalar ta'siriga juda sezgir bo'ladi. Ayniqsa kontakt uskunaga keluvchi gazlar aralashmasi tarkibida vodorod fosfidi —  $pH_3$  bo'lsa, uning 0,00001 %i ham platinali katalizatorni qaytmas qilib

zaharlay oladi. Oltinugurt birikmalari ham kuchli zaharlaydi, ammo qaytar holda zaharlanadi. Yana oz miqdordagi surkov moy bug'lari, turli chang zarralari (ayniqsa, temir va uning oksidlari) ham katalizator aktivligini keskin kamaytiradi. Shuning uchun ammiak va havo kontakt uskunasi kirishdan oldin begona aralashmalardan yaxshilab tozalanadi. Har qancha tozalanmasin, baribir, oz miqdorda bo'lsa hamki, begona qo'shimchalar kontakt uskunasi tushadi. Natijada sekin-asta katalizatorning aktivligi kamaya boradi. Uni yangisiga almashtirgunga qadar aktivligini qayta tiklash uchun, xlorid kislotasining kuchsiz eritmasi bilan muntazam yuvilib turadi.

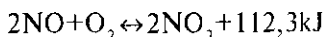
Stixiometrik tenglama bo'yicha ammiakni oksidlash uchun havo-



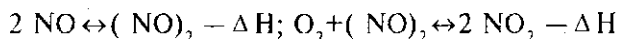
68-rasm. 1 — 0,1 MPa; 2 — 0,8 MPa bosimda NO unumining haroratga bog'liqligi.

ammiak aralashmasi tarkibida 1 mol  $\text{NH}_3$  ga, 1,25 mol  $\text{O}_2$  to'g'ri kelishi kerak. Amalda esa NO ning unumini oshirish va ammiakning oksidlanish reaksiyasini tezlashtirish uchun kislorod miqdorini 1,3 — 1,5 marta ko'p olindi, ya'ni 10—12 %  $\text{NH}_3$ , 18—19 %  $\text{O}_2$  va 70—72 %  $\text{N}_2$  (hajmiy nisbatda) olinadi. Oksidlangandan keyin nitroza gazlari tarkibida 9—10 % NO va 5—6 %  $\text{O}_2$  saqlaydi.

**2. Azot (II)-oksidini azot (IV) -oksidigacha oksidlash va azot (IV)-oksidini dimerlash.** Azot (II)-oksidining azot (IV)-oksidigacha aylanish reaksiyasi, kinetik hududda boruvchi, nokatalitik, gomogen reaksiyadir. Nitrat kislotasi ishlab chiqarishda eng sekin boruvchi bosqich NO ni  $\text{NO}_2$  ga oksidlanishi reaksiyasidir. Mana shu reaksiya ishlab chiqarish jarayonining umumiy tezligini belgilaydi. Bu reaksiya nitrat kislotasi ishlab chiqarishning ikkinchi bosqichi bo'lib, quyidagi tenglama bo'yicha boradi.

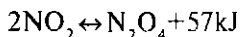


Bu reaksiya  $150^\circ\text{C}$  dan past haroratda, amalda to'liq hosil bo'lishi tomonga yo'naladi. Agar harorat oshirilsa muvozanat chapga, ya'ni  $\text{NO}_2$  ni parchalanib NO va  $\text{O}_2$  hosil bo'lish tomon siljiydi.  $800^\circ\text{C}$  da  $\text{NO}_2$  ning hosil bo'lishi umuman to'xtaydi. Barcha bir bosqichli reaksiyalarda haroratning ortishi reaksiya tezligini keskin oshiradi, ammo NO ning  $\text{NO}_2$  ga oksidlanish reaksiyasi, bu umumiy qoidaga bo'ysunmaydi, aksincha haroratning ortishi bu reaksiya tezligini kamaytiradi. Bu hodisani tushuntirish uchun bir necha gipotezalar o'rtaga tashlangan. Bulardan nisbatan to'g'ri deb tan olingani, bu NO ning oksidlanishi orqali mahsulot dimer hosil bo'lish bilan borish reaksiyasidir.



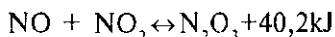
Dimerning hosil bo'lishi issiqlik chiqishi bilan boruvchi qaytar jarayondir. Demak, haroratning oshishi bu reaksiyada muvozanatni chapga  $\text{NO}_2$  ni parchalanishi tomonga siljiydi.

Demak, haroratning ortishi bilan NO ning oksidlanish reaksiyasi tezligining kamayishiga sabab, harorat ortgan sayin konsentratsiyasining kamayishidir. Binobarin, bosimning ortishi va haroratning pasayishi NO ni oksidlash reaksiyasini tezlashtiradi. Azot (IV)-oksidini assotsiatsiyalanib dimerlanish xossasiga ega.



Haroratning pasayishi bilan dimerlanish darajasi ortadi; atmosfera bosimida  $0^\circ\text{C}$  haroratda  $\text{NO}_2$  ni assotsiatsiyalanishi 71 %ga teng,  $-15^\circ\text{C}$ da

esa 92 %ga yaqin, 150° C da N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> umuman bo'lmaydi, to'liq NO<sub>2</sub> ga parchalanadi. Reaksiya hajmining kamayishi bilan borganligi uchun ham bosimning ortishi N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ning ko'payishiga olib keladi. Har qanday haroratda ham bu reaksiyalar amalda juda tez muvozanat holatiga keladi. Azot (IV)-oksidi NO bilan ham o'zaro quyidagi reaksiya bo'yicha ta'sir etadi:

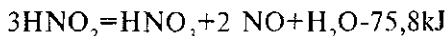


Ammo azot (III)-oksidining amaldagi miqdori kam bo'ladi. Oksidlarning oksidlanish va assotsiatsiyalanish reaksiyalari tufayli nitroza gazlarining aralashmasi hosil bo'ladi. Uning tarkibida azot va kisloroddan (havo bilan kirgan) tashqari NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> va N<sub>2</sub>O mavjud bo'ladi. Bu oksidlar konsentratsiyalarining nisbatlari sharoitga qarab keskin o'zgarib turadi, ammo asosiy komponent NO<sub>2</sub> va N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> larning o'zidir.

3. *Azot (IV)-oksidi va azot qo'sh oksidini suv bilan adsorbsiyalash* jarayonning uchinchi va oxirgi bosqichi hisoblanadi. Azot (IV)-oksidi va N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> suv bilan quyidagi tenglama bo'yicha ta'sir etadi:



Hosil bo'lgan nitrit kislotasi beqaror bo'lganligi uchun o'z-o'zini oksidlash va o'z-o'zini qaytarish reaksiyalariga kirishadi.



Umumiy holda NO<sub>2</sub> va N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ning adsorbsiya reaksiyasi bunday yoziladi:



N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> suv bilan birikib, faqat nitrit kislotasiga aylanadi. NO va N<sub>2</sub>O lar amalda suvda erimaydi, betaraf oksidlardir.

Bu ekzotermik reaksiyalar hajmining kamayishi bilan bog'liq boradi. Demak, bosimni oshirish muvozanatni nitrat kislotaga hosil bo'lish tomonga (o'ngga), haroratni oshirish esa uni parchalanishi tomonga (chapga) siljitadi.

Muvozanat, bu reaksiyada hosil bo'lgan kislotalarning konsentratsiyasiga ham bog'liqdir. Kislotalar konsentratsiyasining ortishi ham o'ng tomonga ketuvchi reaksiya tezligini kamaytiradi. Atmosfera bosimi va oddiy haroratda hosil bo'lgan nitrat kislotaga eritmasining konsentratsiyasi 50 % ga yetgach sistemada muvozanat qaror topadi. Shuning uchun ham oddiy sharoitda massa ulushi 47—50 %dan ortiq konsentratsiyali kislotaga olib bo'lmaydi.

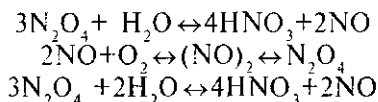
Konsentrlangan (98%li) nitrat kislotani, suyuq N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ni 60—80° C

harorat va 2MPa bosimda, toza kislorod ishtirokida suv bilan ta'sir ettirib olish ham mumkin.

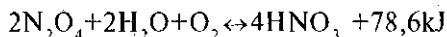
Bunda  $N_2O_4$  ning  $HNO_3$  ga aylanish darajasi 100%ga yetadi. Chunki bu reaksiyada birinchidan,  $N_2O_4$  ning konsentratsiyasi ( $N_2O_4$  reaksiya uchun olingan suv miqdoridan ko'p olinadi) suvga nisbatan yuqori bo'ladi.

Ikkinchidan, reaksiya natijasida hosil bo'lgan NO bosimning yuqoriligi va havo o'rniga ortiqchasi bilan toza kislorod olinganligi uchun darhol  $NO_2$  ga va  $NO_3$  qisman  $N_2O_4$  ga aylanadi. Uchinchidan, haroratning oshirilganligi  $NO_2$  ning suv bilan ta'sirini oshiradi.

Bunda boradigan reaksiyalarni (tenglamalarni soddalashtirish maqsadida  $NO_2$  ning suv bilan o'zaro ta'siri reaksiyasini hisobga olmay yozsak) quyidagicha yozish mumkin:



**Bitta tenglama bilan ifodalaydigan bo'lsak quyidagicha yoziladi:**



Reaksiya uchun olingan suvning hammasi birikkanligi uchun yuqori konsentratsiyali kislotada hosil bo'ladi. Ortiqcha  $NO_2$  va  $N_2O_4$  lar suv tugagach kislotada erib nitrooleum hosil qiladilar. Bosim qanchalik yuqori bo'lib, harorat past bo'lsa,  $NO_2$  va  $N_2O_4$  lar kislotada shunchalik tez eriydi.  $-10^{\circ}C$  da 98 %li nitrat kislotada 30 %li nitrooleum hosil qilishi mumkin.

Nitrat kislotada ishlab chiqarish usuli qo'llaniladigan bosimga qarab 3 tipga bo'linadi:

- 1) atmosfera bosimida ishlovchi qurilmalar;
- 2) yuqori bosimda ishlovchi qurilmalar;
- 3) qurama (kombinatsiyalangan, qo'shilgan) qurilmalar.

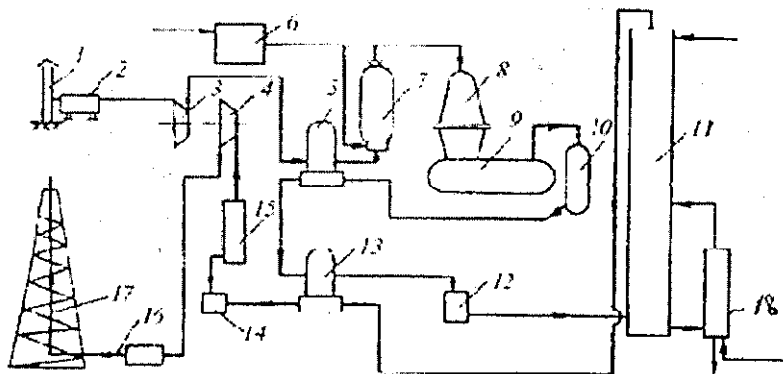
Binobarin bunda, ammiakni oksidlash pastroq bosimda 0,3—0,4 MPa, azot oksidlarini azot kislotasiga aylantirish yuqoriroq bosimda (0,8—1,2 MPa) olib boriladi.

Atmosfera bosimida ishlovchi qurilmalarda mahsuldorlikning pastligi NO ni oksidlanishi va  $NO_2$  ni adsorbsiyasi intensivligining pastligi, katta hajmdagi adsorbsiya qurilmalari talab qilinishi, atmosferaga chiqib ketuvchi gazlarni azot oksidlaridan tozalash uchun ko'p ishqor sarflanishi kabi kamchiliklari tufayli hozirgi vaqtda ular ishlatilmaydi.

## 7.7. Yuqori bosimda ishlovchi qurilmada suyuq nitrat kislota ishlab chiqarish

Yuqori bosimda ishlovchi va qurama qurilmalar keng qo'llaniladi. Chunki bunda chiqib ketuvchi gaz energiyasidan, ammiakni oksidlanish issiqligidan havoni, nitroza gazlarini siqishda, bug' olishda foydalaniladi, mahsuldorlik yuqori bo'ladi va boshqa ustunliklarga egalik seziladi. Atmosfera havosi tozalash uskunasidan (69-rasm) o'tgach (2) gaz quvuri (4) yordamida harakatga keluvchi kompressorga (3) keladi.

U yerda 0,7—0,8 MPa bosimgacha siqiladi, natijada 135° C gacha



69-rasm. 0,73 MPa bosimda kuchsiz suyuq nitrat kislota ishlab chiqarishning sxemasi: 1 — havo olish quvuri; 2 — havoni tozalovchi apparat; 3 — gaz kompressori; 4 — gaz trubinasi; 5 — havo qizdirgich; 6 — ammiakni tayyorlash apparati; 7 — filtrlı aralashtirgich; 8 — kontakt apparati; 9-16 — foydalanish qozoni; 10 — filtrlı oksidlovchi; 11 — absorbsiya kolonnasi; 12 — kondensator sovitgich; 13 — chiqib ketuvchi gazlarni qizdirgichi; 14 — yoqish bo'limasi; 15 — katalitik tozalash reaktori; 17 — mo'ri quvuri.

qizib, oksidlovchidan (10) chiquvchi nitroza gazlari bilan qizuvchi havo qizdirgichga (5) borib 250° C darajagacha qiziydi va aralashtirgichga (7) kelib, ammiakni tozalash apparatidan (6) (suyuq ammiakni bug'lantirib, filtrlab va isitib beruvchi apparat) kelgan ammiak bilan aralashtiradi. Ammiak havo aralashmasi aralashtirgichdan kontakt apparatiga (8) boradi, u yerda 890—900° C haroratda platinali katalizator to'ri yuzasida ammiak oksidlanadi. Hosil bo'lgan tarkibida 9—9,6 % NO saqlovchi nitroza gazlari bug' qozoniga o'tadi. Undan oksidlovchiga (10) borib, uning tepa qismiga katalizatorni ushlab qolish uchun o'rnatilgan filtdan (shisha paxta) o'tib,



ketma-ket sovitgichlarga borib soviydi. Sovish avval havo qizdirgichga borib 210—230° C darajaga, so'ngra «dum gazlari»ni qizdirgichi (13) orqali o'tib 150—160° C darajaga, nihoyat kondensator-sovitgichdan o'tib 45—50° C darajaga soviydi. Sovigan nitroza gazlari adsorbsiya kolonnasining (11) ostki qismidan kiradi. Adsorbsiya kolonnasining balandligi 46 m, diametri 2m. Uning ichiga zanglamaydigan ingichka po'lat simlardan to'qilgan simto'r tarelkalar o'rnatilgan. Tarelkalar bir-biriga maxsus quvurchalar orqali tutashgan bo'lib, undan bir tarelkadan ikkinchisiga suyuqlik oqib tushadi. Kolonnaning ichki tuzilishi neftni haydashda ishlatiladigan rektifikatsiya kolonnasiga o'xshaydi. Kolonnaning tepa qismidan sovuq suv yuborilib turiladi. Unga qarama-qarshi yo'nalishda pastdan yuqoriga qarab nitroza gazlari ko'tariladi. Gazlar to'r teshiklaridan o'tib, tarelka ustidagi suyuqlikka duch kelib eriydi va nitrat kislotasiga aylanadi.

Erimagani yuqoridagi tarelkaga ko'tarilib, undagi suyuqlikda eriydi, shunday qilib gazlar, suyuqlikni to'r teshiklaridan asta oqib tushishga qo'ymaydi. Suyuqlik maxsus quvurcha orqali pastga oqib tushgan sayin kislota konsentratsiyasi ortib boradi. Tarelka ustiga suyuqlikdan issiqlikni olib uni sovitib turish uchun sovitgichlar ham o'rnatilgan. Kolonna ustiga tushgan kislota o'z oqimi bilan puflagich (biror apparatni gaz yoki siqilgan havo bilan puflab tozalagich) kolonnasiga oqib keladi, u yerda issiq havo kislotada erigan azot oksidlarini puflab uchurib olib ketadi va adsorbsion kolonnasining 6-tarelkasiga yuboriladi. Chiqindi gazlar (adsorbsion kolonnadan chiqadigan gazlar "dum gazlari" deyilib, uning tarkibiga 0,05—0,1 %gacha (hajm bo'yicha) azot oksidlari bo'ladi) adsorbsion kolonnadan chiqib dum gazlari qizdirgichi orqali o'tib 110—120° C gacha qiziydi, so'ngra yonish kamerasiga (bo'shlig'iga) kelib, tabiiy gazni havo bilan yonishidan hosil bo'lgan issiq gazlar bilan aralashib 380—480° C gacha qiziydi. Keyin gazlar aralashmasi katalitik tozalash reaktoriga borib ikki qavat: palladiy va aluminiy oksidli katalizatorlar orqali o'tadi. Bunda vodorod saqlovchi gazlar yonadi, azot oksidlari esa erkin N<sub>2</sub> va kislorodgacha qaytariladi va gazlar aralashmasining harorati 700—710° C gacha ko'tarilib, filtr va gaz turbinasi (4 ) orqali foydalanish qozonga va so'ngra undan 100 metrli chiqarish quvuri (17) orqali atmosferaga chiqarib yuboriladi. Bunday zavodning mahsuldorligi 100 %li nitrat kislotasiga hisoblanganda 380—400 t/ yilga teng.

Yuqori bosimda ishlovchi qurilmaning atmosfera bosimida ishlovchi qurilmadan ustunligi quyidagilardan iborat:

1. Azot oksidlarini nitrat kislotaga aylantirish 98—99 %gacha ortadi. Olingan kislota konsentratsiyasi 60—62 %ga ko'tariladi, ishqoriy adsorbsiyalash jarayoniga ehtiyoj qolmaydi.

2. Adsorbsion kolonnasining hajmi, atmosfera bosimida ishlovchi qurilmada qo'llaniladigan nasadkali minoralar hajmidan o'nlab marotaba kichik.

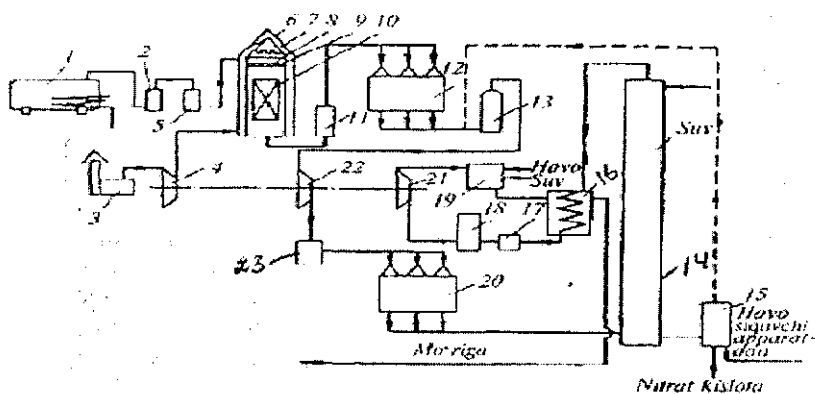
3. Qurilmalarni qurish uchun kam mablag' sarflanadi.

4. Qurilmalarda xizmat qilish, ularni ishlatish ancha soddalashadi.

Ammo, yuqori bosimda katalizatorning yo'qotilishi va energiyani ko'p talab qilishi bu turdagi qurilmalarni keng tarqalishiga katta to'siq bo'lmoqda. Shuning uchun ham keyingi yillarda qurama turdagi qurilmalar keng tarqalmoqda.

## 7.8. Qurama (kombinatsiyalangan) usulda suyuq nitrat kislotasi ishlab chiqarish

Bu usulda ishlovchi qurilma sxemasi 70-rasmda berilgan. Kompresorda 0,4 MPa bosimgacha siqilgan va 200° C gacha qizigan havo kontakt uskunasi orqali o'tib qiziydi va aralastirgichga borib filtrlangan va qizigan ammiak bilan aralashadi, so'ngra kontakt uskunasi o'ziga o'rnatilgan tozalagichdan o'tib tozalangan havo — ammiak aralashmasi ikki qavat katalizator (platinali to'r qavat va uning ostida platinasiz katalizator qavatlarini) orqali o'tadi.



70-rasm. Qurama usulda 0,4 — 1MPa bosimda suyuq(kuchsiz) nitrat kislotasi ishlab chiqarish: 1 — ammiak bug'lantirgichi; 2 — ammiakni tozalash uchun filtri; 3 — havoni tozalash uchun filtri; 4 — havo kompressori; 5 — ammiak qizdirgichi; 6, 7 — ammiak havo aralashmasini tozalash uchun filtri; 8 — platina turi; 9 — platinasiz katalizator; 10 — utilitatsiya qozoni; 11, 23 — suv qizdirgich; 12, 20 — havo sovitgich; 13 — gaz yuvgich; 14 — adsorbsiya kolonnasi; 15 — puflash kolonnasi; 16 — chiqarib yuboriladigan gaz qizdirgichi; 17 — gazlarni aralastirgich; 18 — katalitik tozalash apparati; 19 — yoqish qurilmasi; 21 — gaz trubinasini; 22 — nitroza kompressori.

Platinali qavatdan o'tgach filtrlanib platina zarrachalari ushlab qolinadi. Nitroza gazlari (850—880° C) reaktor ichida o'rnatilgan bug' qozoni orqali o'tadi, keyin suv isitgichdan o'tib o'z issiqligini yana 180° C gacha pasaytiradi. So'ngra havo sovitgichlar orqali o'tib 60° C gacha soviydi va nitroza kislotaga bilan sug'orilib turuvchi yuvgichga boradi. Yuvgich ostiga yig'ilib qolgan 47 %li nitrat kislotaga adsorberga yuboriladi. Sovigan nitroza gazlari nitroza kompressorida 1,1—1,2 MPa bosimgacha siqiladi va suv qizdirgich, keyin havo sovitgichi orqali o'tib sovugach adsorbtsion kolonnaga kiradi. Hosil bo'lgan 60 %li nitrat kislotaga puflash kolonnasiga va undan omborxonaga havzasiga boradi. Puflash kolonnasidan chiqqan nitroza gazlari yuvgichga kirishdan oldin siklga qo'shiladi. Chiqindi gazlar yuqori bosimda ishlovchi qurilmadagidek parchalab yuboriladi. Bunda qurilmalarning mahsuldorligi 3 marta oshadi.

Nitrat kislotani konsentrlash ikki usul bilan amalga oshiriladi:

- 1) suvni tortib oluvchi moddalar yordamida konsentrlash;
- 2) nitrat kislotaning to'g'ri sintezi.

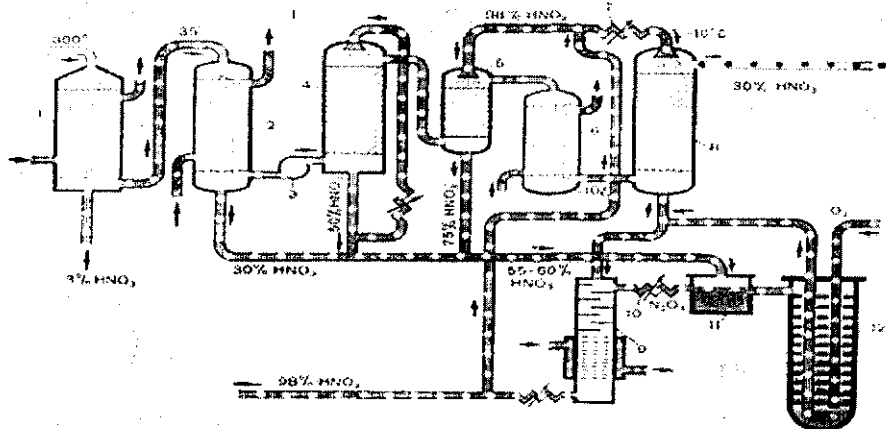
Birinci usulda nitrat kislotani haydash (distillash) yo'li bilan konsentratsiyasi oshiriladi. Ammo nitrat kislotaga suv bilan azeotrop aralashma hosil qilganligi sababli bu usulda amalda 65 %dan yuqori konsentratsiyali kislotaga olib bo'lmaydi. Shuning uchun ham suvni tortib oluvchi moddalar: konsentrlangan sulfat kislotaga yoki magniy nitrat tuzi aralastirib haydash orqali konsentrlanadi. Ammo bu usulda 1 t nitrat kislotani konsentrlash uchun 3—4 t  $H_2SO_4$  sarflanadi.

Umuman bu usul iqtisodiy jihatdan norentabel bo'lib, keyingi yillarda ancha rentabelli usul — nitrat kislotasini to'g'ri sintezlash keng tarqalmoqda.

## 7.9. Konsentrlangan nitrat kislotasining to'g'ri sintezi

Konsentrlangan nitrat kislotasi olishning suyuq kislotaga olishdan asosiy farqi nitroza gazlaridan suyuq  $N_2O_4$  ni ajratib olishdir. Atmosfera bosimida olingan nitroza gazlari foydalanish qozonidan o'tgach, tarkibidagi suvni yo'qotish uchun tez suratda sovitiladi. Buning uchun (71-rasm) nitroza gazlari suvli tez sovitgich (1) orqali o'tadi.

Undan suvning ko'p qismi 3 %li nitrat kislotaga aylanib tushadi, qolgan qismi esa sovitgichda (2) kondensatlanadi, so'ngra ventilator (3) (gaz yoki havo haydovchi, shamollatib turuvchi asbob) bilan (ichida keramik halqalardan nasadkasi bo'lgan oksidlash minorasiga (4) olib beriladi. Unda NO oksidlanib  $NO_2$  ga aylanadi (oksidlovchi minorada NO ning  $NO_2$  ga oksidlanishi nitroza gazlari tarkibidagi kislorod hisobiga boradi. Reaksiya past haroratda borishi yuqorida aytilgan), ajralib chiqqan issiqlik minorani



**71-rasm.** Konsentrlangan nitrat kislotasi sintezining soddalashtirilgan sxemasi. 1 — tez sovitgich; 2 — suvli sovitgich; 3 — ventilator; 4 — oksidlovchi minora; 5 — to'liq oksidlash; 6-, 7-, 10 — shrobbali sovitgichlar; 8 — yuttiruvchi minora; 9 — tokchali oqartiruvchi kolonna va uning bug' uchun ko'ylagi; 11 — aralashtirgich; 12 — elaksimon tarelkali avtoklav.

sug'orib va aylanib turuvchi 50 %li nitrat kislotasi bilan olinib turiladi.

50 %li nitrat kislotasi azot oksidlari bilan o'zaro ta'sirga uchramaydi, birikmaydi. Oksidlanmay qolgan NO qo'shimcha oksidlovchi (5) 98 %li nitrat kislotasi bilan oksidlanadi.



Hosil bo'lgan NO<sub>2</sub> (oksidlanish minorasida va qo'shimcha oksidlovchi, hosil bo'lgan NO<sub>2</sub> birgalikda) sho'roba sovitgichlarda (6) -10°C gacha sovitilib ko'p qismi suyuq holga o'tkaziladi. Qolgan ozroq qismi yuttirish minorasida -10°C gacha sovitilgan 98 %li nitrat kislotasida eritib olinadi (98 %li nitrat kislotasi NO<sub>2</sub> ni o'ziga yaxshi eritadi va nitrooleumga aylanadi. So'ngra u 75—80°C gacha qizdirilsa yana NO<sub>2</sub> ni ajratib chiqaradi), yuttirish minorasidan (8) oqib tushgan nitrooleum, avtoklavda hosil bo'lgan nitrooleum birgalikda oqartiruvchi kolonnaga yuboriladi, binobarin u tashqi tomonda bug' bilan qizdirilib turiladi. Unda bug'lanib chiqqan azot (IV) va qo'sh oksidlari sovitgichga (10) borib yana azot qo'sh oksidiga aylanadi. Oqargan 98 % li nitrat kislotasi esa tayyor mahsulot hisoblanadi. Uning bir qismi 5 va 8 minoralarni sug'orish uchun yuboriladi, qolgan qismi omborga olinadi. Azot qo'sh oksidi aralashtirgichga (11) boradi va unga 2,4,5 uskunalardan oqib tushuvchi 55—60 % li nitrat kislotasi bilan aralashib avtoklavga (12) keladi. (Avtoklav bu moddalarni yuqori bosimda qizdirish

uchun ishlatiladigan germetik qopqoqli uskunadir.) Bu maqsadda ishlatiladigan avtoklav qalin devorli po'latdan yasalgan silindrsimon uskuna bo'lib, balandligi 8,5 m, ichining diametri 1m, ichiga korroziyadan mudofaa qilish uchun aluminiy qoplangan hamda to'r tarelkalar o'rnatilgan va to'r tarelkalarning mayda teshikchalaridan nitrat kislota sekin oqib o'tib pastga tushadi. Avtoklavning tubiga toza kislorod ham yuborilgach, natijada qarama-qarshi oqimda yuqoriga ko'tariluvchi kislorod ishtirokida azot qo'sh oksididan nitrat kislota hosil bo'ladi. 1 t  $\text{HNO}_3$  ishlab chiqarish uchun 0,29 t ammiak,  $150\text{m}^3$  kislorod, 0,05g platina, 270 kvts elektr energiyasi, 0,6 t. bug',  $200\text{m}^3$  suv sarflanadi. Chirchiq, Olmaliq, Farg'ona va Navoiydagi nitrat kislota ishlab chiqarish zavodlari respublikamiz ehtiyojini qondirib kelmoqda.

## VIII bob. MA'DANLI TUZLAR VA O'G'ITLAR ISHLAB CHIQRISH

### 8.1. Mineral o'g'itlarning ahamiyati, olinishi

Yer shari yuzasining 10% ga yaqin qismiga qishloq xo'jalik ekinlari ekiladi. Ekin maydonlarini bundan kengaytirishning iloji yo'q hisobi. Ammo planetamiz aholisi to'xtovsiz o'sib bormoqda, ularni oziq-ovqat bilan ta'minlash uchun hosildorlikni ancha oshirish zarur. Buning eng muhim yo'llaridan biri mineral o'g'itlardan foydalanishdir. O'g'it bu — o'simliklar oziqlanishini yaxshilashga va tuproq unumdorligini oshirishga mo'ljallangan modda.

Mineral o'g'it deb tarkibida o'simlikning rivojlanishi va tuproq unumdorligini oshirish uchun zarur bo'lgan element saqlovchi, barqaror va yuqori hosil olish maqsadida foydalanadigan tuzlar va boshqa anorganik, sanoat va qazilma mahsulotlarga aytiladi.

O'simlik to'qimalarining hosil bo'lishi, uning o'sishi va rivojlanishida 70 dan ortiq kimyoviy element ishtirok etadi. Ulardan eng asosiysi uglerod, kislorod va vodorod bo'lib, o'simlik quruq massasining 90% ini tashkil etadi; 8—9% o'simlik massasini esa azot, fosfor, kaliy, magniy, oltingugurt, natriy, kalsiy tashkil etadi. Bu o'nta element mikro elementlar deyiladi. Qolgan 1—2 %i bor, temir, mis, marganets, rux, molibden, kobalt va boshqalardan iboratdir. Bular o'simliklarga juda kam miqdorda (0,001%—0,0001%) kerak bo'ladi. Shuning uchun ularni mikroelementlar deyiladi. O'simliklar bu elementlardan uglerod, kislorod va vodorodning ko'p qismini havo va suvdan olsa, qolganlarini tuproqdan oladi. O'simlik olgan elementlarining ko'pgina qismi tuproqqa qaytmaydi, hosil bilan olib ketiladi. Masalan, 1 tonna makkajo'xori 14 kg azot, 2,5 kg fosfor, 3,5 kg kaliy, 1,5 kg oltingugurtni tuproqdan o'zi bilan birga olib ketadi. Tuproq elementlarining ancha qismi suv bilan yuvilib ketadi va tuproq komponentlari bilan o'zaro ta'sirlashib o'simlik o'zlashtira olmaydigan holatga keladi. Natijada ekiladigan yerlarda o'simlik oziqasi taqchilligi paydo bo'ladi, tuproq unumdorligi kamayib ketadi. Agar ana shu yo'qotilgan elementlar o'rni tuproqqa o'g'it solish bilan to'ldirib turilmasa, hosildorlik keskin kamayib ketadi. Shuning uchun ham o'g'it ishlab chiqarishga katta e'tibor beriladi. O'g'it ishlatish tufayli qishloq xo'jalik ekinlarining hosildorligini 50—60% gacha oshirish mumkin bo'ladi. Masalan, planetamizda olinadigan oziq-ovqatning taxminan chorak qismi, paxtaning teng yarmi faqat o'g'itlar evaziga olinmoqda. O'g'itlar tarkibidagi oziqa elementlari, ayniqsa azot, o'simliklarni mineral oziqlanishida katta

rol o'ynaydi. U oqsil va nuklein kislotalari tarkibiga kiradi. Azot o'simliklarda fotosintez jarayonini amalga oshiradigan modda — xlorofill tarkibiga ham kiradi. O'simliklar uning yordamida anorganik moddalardan organik moddalarni sintezlaydi.

Fosfor o'simliklarning nafas olishi va ko'payishida katta rol o'ynaydi. U o'simlikning hayotida muhim ahamiyatga ega bo'lgan moddalar (fermentlar, vitaminlar va boshqalar) tarkibiga kiradi. Ayniqsa u urug'larda uchrovchi murakkab oqsil — nukleoproteidlar tarkibiga kiradi.

Nasliy belgilarni saqlovchi va nasldan naslga o'tkazuvchi xromosomalar nukleoproteidlardan tashkil topgan bo'ladi. Fosfor donli ekinlarning don miqdorining ko'p bo'lishida asosiy rol o'ynaydi. U o'simliklarni sovuqqa, qurg'oqchilikka chidamliligini oshiradi va asosiy moddalarni ko'payishiga olib keladi. Masalan, kartoshkada kraxmalni, qand lavlagida saxarozaning ortishiga olib keladi.

Kaliy o'simlikda kechadigan hayotiy jarayonlarni to'g'rilab turishda muhim rol o'ynaydi. U o'simlikda suv sharoitini yaxshilaydi, uglevodlar hosil bo'lishi va moddalar almashinuvida ishtirok etadi. Quruq o'simlik poyasi tarkibida 4 — 5% gacha, barglarni yonishidan qolgan kul tarkibida 30 — 60% gacha kaliy bo'ladi.

Mineral o'g'itlar asosan qishloq xo'jaligida, hosildorlikni oshirish maqsadida ekinzorlarga solish uchun ishlatiladi. O'g'it ishlatiladigan ikkinchi asosiy soha bu kimyo sanoatidir. Ayniqsa, natriy va kaliy tuzlari, masalan, NaCl, KCl lar. Xlor, soda, xlorid kislotasi, potash, o'yuvchi natriy, o'yuvchi kaliy ishlab chiqarish uchun xomashyodir.  $K_2SO_4$  esa shisha, natriy sulfid, fluorid, kaliy va natriydirixromat, natriy fosfat ishlab chiqarishda xomashyo hisoblanadi. Sobiq SSSR da 1990-yilda 41 mln t o'g'it ishlab chiqarilgan. Hozirgi vaqtda O'zbekistonda yiliga 4 mln t atrofida o'g'it ishlab chiqariladi.

## 8.2. O'g'itlarning sinflarga bo'linishi

O'g'itlar kelib chiqishi, qo'llanish sohasi, tarkibi, xossalari va **olinish** usullariga qarab sinflarga ajratiladi. Barcha o'g'itlar ikkiga:

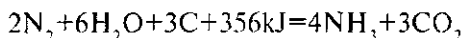
1) bevosita (o'simlikni oziqlanishi uchun ishlatiladi);

2) bilvosita (tuproqni kimyoviy melioratsiyasi, pH ni to'g'rilash uchun ishlatiladi) o'g'itlarga bo'linadi.

Kelib chiqishiga qarab o'g'itlar mineral, organik, organik-mineral va bakterial o'g'itlarga bo'linadi. Mineral o'g'itlar asosan mineral tuzlardan (ammo unga organik modda karbamidni ham kiritadilar). Organik o'g'itlarga go'ng, torf, yashil o'simliklar, kompost, najas va boshqalar

kiradi. Bakterial o'g'itlar tarkibida tuproqda o'simlik o'zlashtira oladigan oziqa elementlarini to'plovchi mikroorganizmlar ushlaydi. Masalan, tuganak bakteriyalari nitrogenoza fermenti yordamida atmosfera azotini birikma holga o'tkazib to'playdi, yoki organik birikmalarni parchalovchi fosfobakteriyalar organik birikmalar tarkibidagi fosforni o'simlik o'zlashtira oladigan holatga keltiradi.

Rossiyaning qora tuproqli yerlaridan tashqari yerlarda o'simliklarda birinchi navbatda azot yetishmaydi. Yerimiz atmosferasida 4—10<sup>15</sup> tonna azot bor, ya'ni har bir ga yerga havodagi 80 ming tonna azot to'g'ri keladi. Bu 1 ga yerga ekilgan o'simlik bilan chiqib ketadigan azot miqdoridan million marta ko'p demakdir. Dukkakli o'simliklar tarkibida yashovchi azot bakteriyalari atmosfera azotini biriktirganda boradigan reaksiyani umumiy holda quyidagicha yozish mumkin:



Shunday yo'l bilan 1ga haydalgan yerga yiliga 50 kg gacha bog'langan azot tushadi. Havoda chaqmoq chaqilishi tufayli ham har yili 1 ga yerga 15 kg gacha azot tushadi.

Mineral o'g'itlar tarkibiga qarab fosforli, azotli, kaliyli, magniyli, borli va boshqa o'g'itlarga bo'linadi. Tarkibidagi oziqa elementning soniga qarab o'g'itlar ikkiga: oddiy yoki bir komponentli (tarkibida o'simlik o'zlashtiradigan bitta element ushlaydi) va kompleks (tarkibida ikkita va undan ortiq element ushlaydi) o'g'itlarga bo'linadi.

Kompleks o'g'itlar murakkab va aralash o'g'itlarga bo'linadi. Murakkab o'g'itlar bitta kimyoviy birikma bo'lib, tarkibida kamida ikkita va undan ortiq o'simlik o'zlashtiradigan element ushlaydi. Aralash o'g'it esa oddiy yoki murakkab o'g'itlarni bir-biriga mexanik aralashtirish yo'li bilan olinadi. O'g'itlar tarkibida 33% dan ortiq ta'sir etuvchi modda saqlasa konsentrlangan, 60% dan ortiq saqlasa yuqori konsentrlangan deyiladi.

Tarkibida mikroelementlar saqlovchi o'g'itlarni mikroo'g'itlar deyilib, alohida gruppalariga ajratadilar. Mikroo'g'itlar o'simliklarning hosildorligini oshirish bilan bir qatorda, ularni kasalliklarga chidamliligini oshiradi. Mikroo'g'itlar o'simlik organizmidagi biokimyoviy jarayonlarni tezlashtiradi, fermentlar aktivligini oshiradi. Oqsil va nuklein kislotalar sintezi, vitaminlar, qand moddalari va kraxmal sintezini ko'paytiradi. Mikroo'g'itlar har 1 ga yerga 1 kg gacha solinadi.

Agregat holatiga qarab o'g'itlar qattiq, suyuq (masalan, ammiakning suvdagi eritmasi va suspenziyasi) va gazsimon (masalan, karbonat anhidrid) o'g'itlarga bo'linadi.

O'g'itlarning erish darajasiga qarab, suvda eruvchi va tuproq kislotalarida



eruvchi o'g'itlarga bo'linadi. Barcha azotli va kaliyli o'g'itlar suvda eruvchi o'g'itlarga kiradi. O'simliklar ularni tez o'zlashtiradi. Ammo ular tez tuproq suvlarida erib, yuvilib ketadi. Tuproq kislotalarida eruvchi o'g'itlarga ko'pchilik fosfatlar kiradi. Ular sekinlik bilan eriydigan holatlarga o'tadilar, biroq tuproqda uzoq muddat saqlanadilar.

O'g'it solish nafaqat tuproqda o'simlik o'zlashtiradigan oziq moddalarni ko'paytiradi, balki uning fizik-kimyoviy va biologik xossalariga ham ta'sir etadi, tuproqning unumdorligini oshiradi. Solinadigan o'g'itning kislotali yoki ishqoriyligi tuproq muhitiga ta'sir etadi. Masalan, tuproqqa sistemali ravishda  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{NH}_4\text{Cl}$  kabi o'g'itlar solinsa, tuproq reaksiyasini kislotali qilib qo'yadi. Chunki o'simlik kationlarni o'zlashtiradi, natijada uning o'miga vodorod ionlari ko'payadi (tuproq tarkibidagi suv hisobiga) va tuproqda erkin kislotalar (xlorid va sulfat kislotalari) to'planadi, tuproqning pH i o'zgaradi. Aksincha  $\text{NaNO}_3$  kabi o'g'itlar ko'p solinsa, tuproqda OH- ionlari to'planadi. Tuproq reaksiyasi ishqoriy bo'lib qoladi. Shuning uchun ham o'g'itlarga faqat kimyoviy jihatdangina xarakteristika berish yetarli emas. Ular fiziologik xossalari bilan ham, ya'ni kation va anionlar bir xil darajada foydalanmasliklari bilan ham farq qilishi kerak. Mana shu belgilariga qarab o'g'itlar fiziologik kislotali, fiziologik ishqoriy va fiziologik neytral o'g'itlarga bo'linadi. Keyingisi tuproq reaksiyasini o'zgartirmaydi.

Mineral o'g'it saqlanganda bir-biriga yopishib toshga aylanib qolmasligi kerak, namni o'ziga tortib olmasligi — kam gidroskopik bo'lishi, tuproqqa solganda sochilib ketish xossasiga ega bo'lishi kerak. Shuning uchun ham qattiq o'g'itlar uch xilda: kukunsimon (zarrachalarning kattaligi 1mm dan kichik), kristallik (kristallarning kattaligi 0,5mm dan katta), donadorlangan sharcha shaklida (sharchalarning kattaligi 1mm dan katta) ishlab chiqariladi.

Keyingi yillarda o'g'itlarning tarkibidagi o'simlik o'zlashtiradigan oziq elementlari tuproqqa erib o'tish tezligini to'g'rilash, ya'ni uzoq vaqt mobaynida ozuqa elementlarini bir me'yorda tuproqqa o'tib turishini ta'minlash hamda uni ta'sir samarasini oshirish muammosiga katta e'tibor berilmoqda. Masalan, 1985-yildan boshlab sobiq Ittifoqda yangi tur konsentrlangan o'g'it — Rost-1 ishlab chiqarilmoqda. Uning tarkibi azot, fosfor, kaliy, magniy (1:1:1:0,1) nisbatda makro- va bor, rux, molibden, mis mikroelementlaridan iboratdir. Yana Stimul-1 ishlab chiqarilmoqda. Bu xlorid kompleks o'g'it bo'lib, tarkibida N, P, K, Mg (1:1:1:0,1) nisbatda makro- va bor, mis, marganets, rux, molibden, mikroelementlarini saqlaydi. Kelajakda istiqbolli, yuqori konsentratsiyali kompleks o'g'itlardan yana biri triamidfosforil — fosfortriamid oksididir.  $\text{PO}(\text{NH}_2)_3$  (43,1%  $\text{N}_2$ , 74,06%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) u diamido — va monoamidofosfatlari orqali ammoniy ortofosfatga gidrolizlanganligi uchun ham uzoq muddatda va sekinlik bilan ta'sir etadi. Har qanday suvda eruvchi moddani tuproq eritmasiga sekinlik bilan o'tishini ta'minlash o'g'it donachalari

sirtini yuqori molekular moddalar bilan qoplash orqali amalga oshirilishi mumkin. O'g'itlarni kapsulalash ishlari yaxshi natijalar bermoqda. Bunda suvda yaxshi eruvchi o'g'it donachalari, ustidan suvda sekin eruvchi o'g'it bilan qoplanadi, qoplama qavatning qalinligi, g'ovakligiga qarab o'g'itning tuproq eritmasiga o'tish tezligi har xil bo'ladi.

Keyingi yillarda  $N_2:P_2O_5:K_2O-10:34:10$  markali suyuq kompleksli o'g'itlar (SKU) olish tez rivojlandi. Tuproqning ichki qavatidagi oziq moddalarni yomg'ir va sug'orish suvlarida yuvilib ketmasligi uchun uzoq muddatda, sekin-asta ta'sir etuvchi fosfatli o'g'itlardan — superfos, azotli o'g'itlardan — ureoform yoki mochevino-formaldegidli o'g'itlar (MFO'), shuningdek mochevino-formaldegidli birikmalar hamda ammosfos asosidagi polimer o'g'itlar sanoat miqyosida ishlab chiqarila boshlandi.

Ammoniy polifosfat —  $[(NH_4)_nH_2PO_3]_{n+1}$

Karbomid polifosfat —  $[NH_4)_2 \cdot HPO_3]_n$

Kaliy polifosfat —  $(KPO_3)_n$

Kalsiy polifosfat —  $Ca(PO_3)_n$

va boshqa fosfatlar olish istiqbollidir.

O'g'itlarning sifati asosan uning tarkibida o'simlik o'zlashtira oladigan holatda qancha ta'sir etuvchi modda saqlashligi bilan aniqlanadi. Masalan, azotli o'g'itlarda  $N_2$  — fosforli o'g'itlarda  $P_2O_5$ , kaliyli o'g'itlarda  $K_2O$  ning miqdori bilan aniqlanadi.

Hozirgi vaqtda 70 xildan ortiqroq mineral o'g'itlar olinadi va ular o'g'itlar tarkibiga qarab guruhlariga ajratilgan (3-jadval).

Mineral o'g'itlarning turli-tumanligi, xomashyo turlarining ko'pligi o'g'itlarni olishda turli usullarni qo'llashni taqozo qiladi. Ammo bu usullarning barchasi bir turdagi, o'xshash jarayonlarda boradi. Shuning uchun asosiy ikki usul keng qo'llaniladi.

1. Mineral ashyoni yoki shixtani (kuydirishga mo'ljallangan aralashma) termik yoki termokimyoviy ishlov berish usuli.

2. Kimyoviy ishlov berish, eritish va kristallash yo'li bilan moddani ajratish usuli.

Mineral o'g'itlar olish uchun xomashyo: tabiiy minerallar, kimyo sanoatining yarim mahsulotlari va chiqindilardir.

Mineral o'g'it ishlab chiqarishda qariyb barcha kimyoviy texnologik jarayonlar (karbamid sintezi bundan mustasno) diffuzion hududda kechadi. Massa uzatishning umumiy tenglamasi bilan xarakterlanadi.

$$U = \frac{dG}{d\tau} = R_m \cdot F \Delta C$$

Bu tenglamada:  $R_m$  — massa uzatish koeffitsienti;  $F$  — reaksiyaga kirishuvchi moddalarning o'zaro ta'sir yuzasi;  $\Delta C$  — massa uzatishning harakatlantiruvchi kuchi.

**Mineral o'g'itlar turi**

O'g'itlarning nomi	Asosiy komponentlar	Ozuqaviy elementlarning % miqdori
<b>Fosforli o'g'itlar P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>		
Fosfor un	Ca <sub>3</sub> F(PO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> •CaF <sub>2</sub>	16-35
Oddiy superfosfat	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> •H <sub>2</sub> O+CaSO <sub>4</sub> +H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	14-21
Qo'sh superfosfat	Ca(1,5PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> •H <sub>2</sub> O	40-50
Presipitat	Ca(HPO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> •2H <sub>2</sub> O	27-46
Metallurgiya shlaklari	4CaO•P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +5CaO•P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> •SiO <sub>2</sub>	14-20
<b>Azotli o'g'itlar</b>		
Suyuq va simetik ammiak	NH <sub>3</sub>	82.3
Texnik ammiakli suv	NH <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O	16.5-20.5
Ammoniy nitrat	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	32-85
Karbamid	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	46-46.5
Mochevina aldegidli o'g'it	NH <sub>2</sub> CONHCH <sub>3</sub>	33-42
Ammoniy sulfat	NH <sub>4</sub> SO <sub>4</sub>	19.5-21
<b>Kaliyli o'g'itlar</b>		
Kaliy xlorid K-40	KCl+NaCl	38-42
Kaliy xlorid K-50	KCl+NaCl	48-52
Kaliy xlorid K-60	KCl	60dan kichik
Kaliy sulfat	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	46-52
Kaliy sulfat va magniy sulfat	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + MgSO <sub>4</sub>	2630
<b>Kompleks o'g'itlar</b>		
Ammoniy fosfat	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> + (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	11-14 N; 46-55 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Ammoniy nitrat	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	21-25 N; 20-25 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Kaliy nitrat	KNO <sub>3</sub>	13.8 N; 46.5 K <sub>2</sub> O 11-20N 8-16 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Nitrofos	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> + CaHPO <sub>4</sub> + (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> + KNO <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub> Cl	10-21 K <sub>2</sub> O;
Amnofos	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> + NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> + KNO <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub> Cl + KCl	8-12N; 0-24 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; 15-24 K <sub>2</sub> O 17-18.
Nitreammofos	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> + KNO <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub> Cl + KCl + Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	5 N 17-18. 5 K <sub>2</sub> O 17-18. 5 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ;
Karboammofos	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> + NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> + (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> + KCl	18-20 N 18-20 K <sub>2</sub> O 18-20 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ;

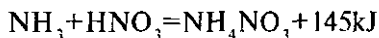
**8.3. Azotli o'g'itlar ishlab chiqarish**

Azotli o'g'itlar tarkibidagi azot turli birikmalar: erkin ammiak, NH<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ionlari va aminoguruh-NH<sub>2</sub> shakllarida bo'lishi mumkin. Qattiq azotli o'g'itlar sifatida ammoniy nitrat, ammoniy sulfat va ammoniy fosfatlari, kalsiy nitrat, natriy nitratlar holida ular asosida olinadigan aralash va murakkab o'g'itlar ishlatiladi. Suyuq azotli o'g'itlar sifatida esa suyuq ammiak, aminlar, tuzlarning suvdagi eritmaları, karbamid, ammoniy fosfatlari ishlatiladi. Azotli o'g'itlar suvda yaxshi eruvchi bo'lib, o'simliklar oson o'zlashtiradi. Ayniqsa NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ionidagi azot o'simlik tomonidan tez va oson o'zlashtiriladi.

Azotli o'g'itlar olish uchun nitrat kislota, sulfat kislota, ammiak, uglerod (IV) oksidi, kalsiy gidroksidi hamda kuchsiz nitrat kislota zavodining chiqindi (atmosfera ga chiqarib yuboriladigan) gazlari xomashyo hisoblanadi.

## 8.4. Ammoniy nitrat ishlab chiqarish

Ammoniy nitrat — tarkibida bekorchi jins saqlamagan qattiq o'g'itdir. Uning tarkibida 35% azot bor. U gigroskopik bo'lganligi uchun yopishib qolishini oldini olish maqsadida uning eritmasiga (kristallanishdan ilgari) turli moddalar qo'shiladi. Unga magniy nitrat, kalsiy nitrat, ammoniy sulfat, diammoniy fosfat, appatit yoki fosforit uni, qattiq erimaydigan moddalar (tuproq, talk, diatamit va boshqalar) qo'shiladi. Qo'shilgan qo'shimchalarning ta'sir mexanizmi har xil. Masalan, magniy nitrat kristallogidrat ( $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ ) hosil qilganligi uchun namlikni o'ziga biriktirib oladi. Donachalarining sirti aktiv, gidrofobligini oshiruvchi moddalar bilan ham qoplanadi. Ammoniy nitrat nitrat kislotani ammiak bilan neytrallab olinadi:

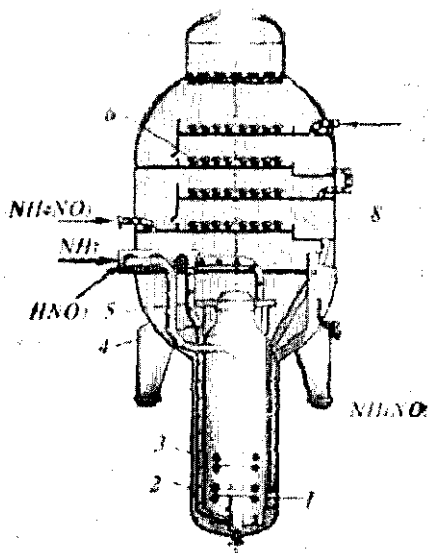


Suyuq nitrat kislotani (47—60 % li) neytrallanganda suyuq ammoniy nitrat hosil bo'ladi, undan qattiq  $NH_4NO_3$  olish uchun uni bug'latish zarur. Reaksiya ekzotermik bo'lganligi uchun uni issiqligidan foydalaniladi. Kislota konsentratsiyasi qanchalik yuqori bo'lsa, neytrallanish reaksiyasida shunchalik ko'p issiqlik chiqadi.

Ammoniy nitrat ishlab chiqarish jarayoni uch bosqichni: nitrat kislotani ammiak bilan neytrallash, olingan eritmani bug'latish, suvsizlantirish va ammoniy nitratni granullash-donador holga keltirish bosqichlarini o'z ichiga oladi. Neytrallanish reaksiyasi natijasida ajralib chiqqan issiqlikdan ammoniy nitrat eritmasini bug'lantirish uchun unumli foydalaniladi.

Ilgari 47—55 % li nitrat kislotasi ishlatilib NIF (neytrallanish issiqligidan foydalanish) uskunalarida 62—83 % li  $NH_4NO_3$  olinar edi. Bu eritma so'ngra vakuumli-bug'lantirgich uskunalarida uch bosqichda ham sharbatli bug' (tarkibida  $NH_4NO_3$  saqlovchi bug' shunday deb ataladi), ham issiq suv bilan bug'lantirish orqali  $NH_4NO_3$  ning konsentratsiyasi 98,7% gacha oshiriladi. Olingan suyuqlanma ichi kislotaga chidamli, ichining diametri 12m, balandligi 30—35 m li minoralardan havo oqimida granullar edi. Bunday uskunalarining mahsuldorligi 450—600 t/s ga teng edi. Hozir ham bunday turdagi eski qurilmalarda ishlovchi sexlar ayrim zavodlarda ishlab turibdi.

Hozirgi paytda yangi turdagi, qudratli, 58—60 %li  $HNO_3$  bilan



**72-rasm.** Neytrallanish issiqligidan foydalanish reaktori:

1 — apparat reaksiyon qismining korpusi; 2 — reaksiyon stakan; 3 — ammiak barbotyori; 4 — nitrat kislotasi barbotyori; 5 — girdob hosil qilgich; 6 — separator korpusi; 7 — qalpoqli tarelka; 8 — sachrashni kamaytiruvchi tur.

tushadi. U yerda reaksiyon silindr devori orqali chiqqan issiqlikda qaynab bug'lanishda davom etadi va ostki qismidagi teshikdan reaksiyon silindrga kiradi, shunday qilib aylanadi (sirkulatsiyalanadi). Reaktorning yuqori qismi separatorlik (6) vazifasini o'taydi. Unda reaksiyon silindrdan chiqqan sharbatli bug' to'rtta qalpoqchali tokchalar (7) da yuviladi. Ostki ikkita tokchada bug' 20–25%li ozroq nitrat kislotasi qo'shilgan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  eritmasi bilan ammiakdan yuvilib tozalanadi. Yuqoridagi ikkita tokchalarda bug' sharbatli bug' kondensati bilan yuvilib  $\text{HNO}_3$  bug'lari va  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  eritmasining tomchilari ushlab qolinadi. Tomchilardan to'liq tozalash qaytargichda (8) (otboynikda) amalga oshiriladi. Yuvilib bo'lgach,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  eritmasi neytrallashning yon tomonidan chiqib doneytralizatorga to'liq neytrallash uskunasi boradi (texnologik sxemaga qarang).

ishlovchi, mahsuldorligi 1575 t/ sukkaga teng bo'lgan yirik zavodlar qurilmoqda.

Ana shunday yangi turdagi zavodda NIF va qurama bug'lantirgich uskunasi o'rnatilgan, yangi NIF reaktoring tuzilishi 72-rasmida berilgan.

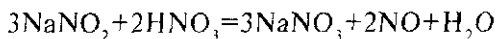
Bu reaktor ikkita silindrsimon ostki reaksiyon (diametri 1,6 m) va ustki separator (diametri 3,8 m) qismlardan tuzilgan. Uskuning umumiy uzunligi 210 m. Ostki reaksiyon silindrda neytrallanish reaksiyasi boradi. Reaksiya issiqligidan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  tarkibidagi suvning bir qismi bug'lanib,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  eritmasi bilan emulsiya hosil qilib, yuqoriga ko'tariladi. Suyuqlik bug' emulsiyasi reaksiyon silindrning tepa qismidan zavixriteldan (zavixritel chir-chir aylanib quyun hosil qiluvchi uskuna bo'lib, u bug'ni suyuqlikdan ajratadi) yuqoriga chiqarib tashlanadi. Suyuqlik ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  eritmasi) reaksiyon silindr bilan reaktor korpusi oralig'idagi bo'shliqqa

Ammiakli selitra ishlab chiqarishning texnologik sxemasi 73-rasmda berilgan. Gazsimon ammiak qizdirilganda 120—160° C gacha qizib, NIF uskunaning (3) ostki qismiga kiradi. U yerga 58—60% li nitrat kislota ham 80—90° C gacha qizdirgichda 2 qizib keladi. Unda atmosfera bosimiga yaqin bosim saqlanadi. Birikkan azotni sharbatli bug' bilan ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$  birikmalari shaklida) yo'qolishini oldini olish uchun reaksiya kuchsiz kislota muhitida olib boriladi. Chunki nitrat kislota ortiqcha bo'lganda ammoniy nitrat eritmasi ustidagi bug' tarkibida  $\text{HNO}_3$  ning bug' bosimi, eritmada ammiak ko'p bo'lganda esa ammiakning bug' bosimidan kam bo'ladi. Neytralizator uskunasi (reaktor) hosil bo'lgan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  eritmasi 150—170° C haroratda 89—92 % li bo'lib doneytralizatorga (to'liq neytrallash uskunasi) (4) yuboriladi. Unga  $\text{HNO}_3$  ni to'liq neytrallash uchun gazsimon ammiak yuboriladi. Neytrallangan tarkibida ortiqcha ammiak saqlovchi eritmaga yopishib qolishining oldini olish uchun 30—40 % li  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  eritmasi qo'shiladi. So'ngra eritma qurama bug'lantirgich uskunasi boradi. Uskunaning ostidan chiqqan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  suyuqlanmasi gidrozatorli ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  portlovchi modda) neytralizatorga (portlashni oldini oluvchi neytralizator) (6) va undan filtr orqali qabul bakiga o'tadi. Bakka botib turuvchi nasos (7) orqali donadorlash minorasining (13) tepasida joylashgan bosim hosil qiluvchi chan 10 ga ko'tarib beriladi. Bosim hosil qiluvchi chandan suyuqlanma purkovchi vibroakustik donadorlagich yordamida donadorlash minorasi (13) ga purkaladi. Minoraning umumiy balandligi 63,5 m bo'lib, po'latdan yasalgan. Suyuqlanma tomchisining tushish masofasi 50m. Minoraning ostidan suyuqlanmagan qarama-qarshi oqimda sovuq havo yuboriladi. Havoda qotib sharchalar shaklida hosil bo'lgan donachalar tashuvchi lentaga tushadi, undan tushgan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  donachalari 90—100° C haroratda bo'lib, u qaynovchi qavatli sovitgichda 14 qo'shimcha yana sovitiladi va maxsus xaltachalarga joylanib omborga yuboriladi. Tayyor  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  donachalari 99,8 % li bo'ladi. Havo minoraning yuqori qismidan yuvgich 9 orqali  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  changlari yuvilib qolingach nasos bilan atmosferaga chiqarib yuboriladi. Shu yuvgich kolonnasi orqali reaktordan va bug'lantirgichdan chiqqan sharbatli bug' ham atmosferaga chiqarib yuboriladi.

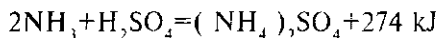
**Natriy nitrat (Chili selitrasi).** Suyuq nitrat kislota ishlab chiqarish zavodlarida qo'shimcha mahsulot sifatida olinadi. Bu zavodning chiqindi gazlari tarkibidagi  $\text{NO}_2$  ni minoralarda  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  eritmasi bilan o'zaro ta'sir ettirib olinadi.



Bu reaksiya natijasida hosil bo'lgan  $\text{NaNO}_2$  ga nitrat kislota ta'sir etib,  $\text{NaNO}_3$  ga aylantiriladi.

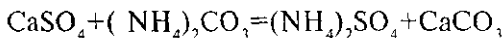


Ammoniy sulfat. Koks gazlari tarkibida  $\text{NH}_3$  ni sulfat kislota bilan neytrallab olinadi va koks kimyo zavodlarining qo'shimcha mahsuloti hisoblanadi.

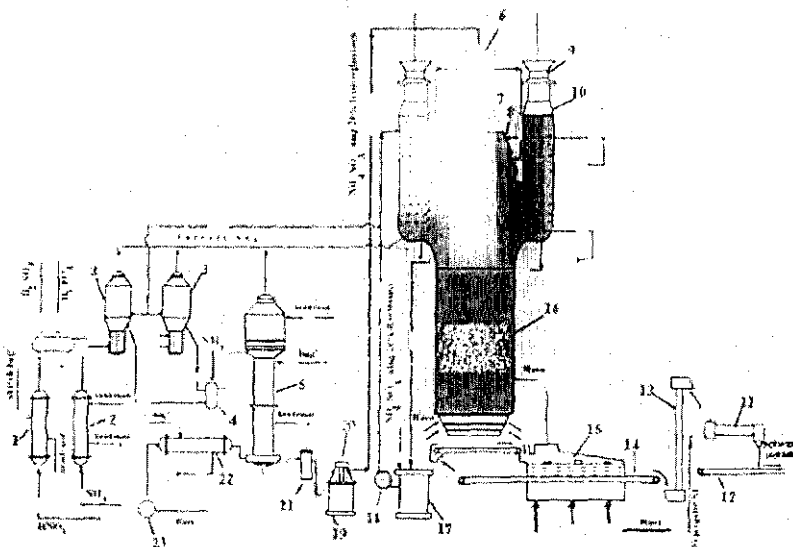


Keyingi yillarda kapron ishlab chiqarish zavodlarining qo'shimcha mahsuloti, to'g'rirog'i chiqindisi sifatida ham olinmoqda.

Chet mamlakatlarda kam miqdorda gips konversiyasi asosida olinadi.



Suyuq azotli o'g'itlar. Suyuq azotli o'g'it sifatida: suyuq ammiak, ammiakning suvdagi eritmaları va suyuq ammiaklar (qattiq holdagi ammoniy nitrat, karbamid, ammoniy karbonat va boshqalarning ammiakdagi yoki



**73-rasm.** Ammoniy nitrat ishlab chiqarishning (AC-72) sxemasi:

1 — kislota qizdirgichi; 2 — ammiak qizdirgichi; 3 — NIF apparati; 4 — to'liq neytrallagich; 5 — bug'lantirgich apparati; 6 — bosimli bak; 7,8 — donadorlagichlar; 9,23 — ventilatorlar; 10 — yuvuvchi skrubber; 11 — baraban; 12,14 — transportyorlar; 13 — elevator; 15 — qaynovchi qavatli apparat; 16 — donadorlash minorasi; 17 — yig'gich; 18,20 — nasoslar; 19 — suyuqlanma uchun bak; 21 — suyuqlanma uchun filtr; 22 — havo qizdirgichi.

suyuq ammiakdagi eritmaları) ishlatiladi. Qattiq ammiaklarga  $\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot 12\text{NH}_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$  yoki  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_4 \cdot x\text{NH}_3\text{NO}_3 \cdot 12\text{NH}_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$  misol bo'ladi. Ular kristall holdagi  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  larni  $\text{NH}_3$  da eritib olinadi. Zamonaviy yirik, qudrati 1360 t/ sutkaga teng bo'lgan ammiakni selitra ishlab chiqarish AS – 72 agregatining sxemasi 73-rasmda berilgan. Dastlabki 58–60 foizli nitrat kislotasi NIF uskunasi bilan qizdiriladi. NIF uskunasi (3) oldida nitrat kislotasiga fosfat va sulfat kislotasidan shunday miqdorda qo'shiladiki, tayyor mahsulot tarkibida 0,3–0,5 %  $\text{P}_2\text{O}_5$  va 0,05–0,2 % ammoniy sulfati bo'ladi.

Agregatda parallel ishlovchi ikkita NIF uskunasi o'rnatilgan. Nitrat kislotadan tashqari ularga qizdirgich (2)da, bug' kondensatorida 120–130° C gacha qizdirilgan gazsimon ammiak yuboriladi. Yuborilayotgan nitrat kislotasi va ammiak shunday miqdorda bo'ladiki, NIF uskunasi chiqqan eritma tarkibida nitrat kislotasi miqdori 2–5 g/l dan ko'proq bo'lish kerak, chunki ammiakni to'liq yutilishini ta'minlash lozim.

Uskunaning pastki qismida 155–170° C haroratda neytrallanish reaksiyasi boradi, bunda 91–92 %  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  saqlovchi konsentrlangan eritma hosil bo'ladi. Uskunaning yuqori qismlarida suv bug'lari (shirali bug'), ammiakli selitra tomchilari va nitrat kislotasi bug'laridan yuvib tozalanadi. Shirali bug'ning bir qismi nitrat kislotani qizdirish uchun foydalaniladi, so'ngra shirali bug' tozalashga yuboriladi, u yerdan atmosferaga chiqarib yuboriladi. Ammiakli selitraning nordon eritmasi to'liq neytrallash uskunasi yuboriladi. U yerga eritmadagi ortiqcha nitrat kislotasini neytrallash uchun ammiak yuboriladi, so'ngra eritma bug'lantirgich uskunasi (5)ga yuboriladi. Olingan 99,7–99,8% selitra saqlovchi suyuqlanma 175° C haroratda filtr (21) orqali o'tadi. So'ngra ichiga solib quyiladigan markazdan qochma nasos (20) yordamida bosim hosil qiluvchi bakka (6) yuboriladi. Undan to'g'ri burchakli, metallardan yasalgan donadorlash minorasi (16)ga beriladi. Minoraning yuqori qismida donadorlagichlar (7 va 8) joylashtirilgan, uning ustidan sovuq havo yuboriladi. U yuqoridan tushirilayotgan selitra tomchilarini sovitadi. Selitra tomchilari yuqoridan pastga tushayotganda o'g'it donachalari hosil bo'ladi. O'g'it donachalarining minoradan chiqqandagi harorati 90–110° C bo'ladi. Issiq donachalar qaynovchi qavatli uskunada +5° sovitiladi.

Ammiakli selitra transportyor (14) yordamida sirt-aktiv moddalar bilan ishlov berish uchun aylanuvchi baraban 11ga yuboriladi. So'ngra tayyor o'g'it transportyor (12) orqali qoplariga joylash uchun boradi. Donadorlash minorasidan chiqqan havo ammiakli selitra zarrachalari bilan neytrallagichdan chiquvchi shirali bug' va bug'lantiruvchi uskunadan chiqqan



bug'-havo aralashmasi reaksiyaga kirishmay qolgan ammiak nitrat kislotasi hamda ammiakli selitra zarrachalari bilan ifloslangan bo'ladi. Bu oqimni tozalash uchun donadorlash minorasining tepa qismida 6 ta parallel tarelka tipidagi skrubberlar changli gazlarni yuvish bilan tozalovchi qurilmaga (10) joylashtirilgan. Ular 20–30% ammiakli selitra eritmasi bilan sug'orib turiladi. Bu eritma yig'gich (17)dan nasoscha (18) bilan olib beriladi. Eritmaning bir qismi shirali bug'ni yuvish uchun NIF neytrallagichga o'tadi. So'ngra selitra eritmasiga qo'shiladi, demak mahsulotga aylantiriladi. Tozalangan havo ventilator (9) yordamida so'rib olinib, atmosferaga chiqarib tashlanadi.

## 8.5. Karbamid (mochevina) ishlab chiqarish

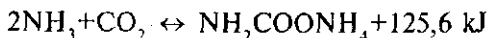
Karbamid ishlab chiqarishni dunyoda birinchi bo'lib 1868-yilda A. I. Bazarov kashf etgan, ammoniy karbonati parchalanib karbamidga aylanish reaksiyasiga asoslangan:



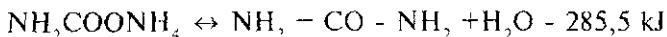
Karbamid karbonat kislotasining diamididir:  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ , u mochevina ham deyiladi, rangsiz, hidsiz kristall modda. 132,7°C da suyuqlanadi. Suvda yaxshi eriydi va ammiakat —  $(\text{NH}_4)_2\text{CO} \cdot \text{NH}_3$  hosil qiladi. Karbamid tarkibida bekorchi jins saqlamagan konsentrlangan o'g'it bo'lib, tarkibida boshqa barcha azot saqlovchi o'g'itlardan ko'ra ko'p, ya'ni 46,6% azot saqlaydi. O'simlik karbamid azotini oson o'zlashtiradi. U  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  ga nisbatan tarkibida  $\text{N}_2$  ko'pligi, portlamasligi, kam gigroskopligi, tuproqdan tez yuvilib ketmasligi, qop-qanorsiz tashish mumkinligi bilan ham ustun turadi. Karbamid asosida olingan mochevina-formaldegidli polimer o'g'itlarning azoti juda sekinlik bilan tuproqqa o'tadi, yuvilib ketmaydi.

Karbamid mol ozuqasiga proteinli qo'shimcha sifatida qo'shib beriladi. Karbamid sanoatda plastmassalar (aminoplastlar), sintetik tolalar, farmatsevtik preparatlar olishda ham ishlatiladi.

Karbamid sintezi reaksiyasi geterogen, katalizatorsiz, kinetik hududda boruvchi jarayondir. U ammiak bilan karbonat angidridni 150–220° C haroratda 70–100 MPa bosimda o'zaro ta'sir ettirib olinadi. Karbamid sintezi quyidagi bosqichlardan:  $\text{NH}_3$  ni  $\text{CO}_2$  bilan kimyoviy ta'siri, sintez mahsulotini distillash, karbamid eritmasini qayta ishlab tayyor mahsulotga aylantirishdan iboratdir. Sintez ikki bosqichda boradi. Birinchi bosqichda ammoniy karbamati hosil bo'ladi.



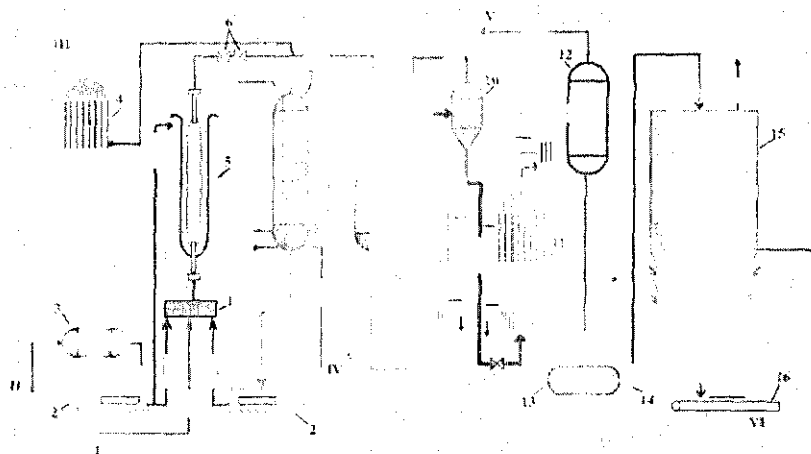
Ikkinchi bosqichda karbamat degidratlanib, suyuq fazada karbamidga aylanadi.



Jarayon ikki faza hosil bo'lishi bilan boradi: gazsimon ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) va suyuq (erigan va suyuqlangan komponentlar – ammiak, ammoniy karbamat, karbamid va suv). Karbamid suyuq fazada, ya'ni suyuqlangan karbamatdan hosil bo'ladi. Reaksiyaning umumiy tezligini sekin boruvchi bosqich, ya'ni ikkinchi bosqich – karbamatdan suv ajralish bosqichi belgilaydi. Karbamid hosil bo'lish reaksiyasi bosim va temperatura ortishi bilan hamda  $\text{NH}_3$  miqdorini stexiometrik hisobdan ortiqcha olish bilan tezlashadi. Ammo haroratni 180–200° C dan oshirish mumkin emas, chunki bundan yuqori haroratda ammoniy karbamat ammiak va ( $\text{CO}_2$ )ga parchalanadi hamda uskunalar korroziyasini kuchaytiradi. Shuning uchun ham reaksiya yuqori bosimda, odatda 18–20 MPa bosimda 180–200° C haroratda olib boradi. Shunday sharoitda karbamidning unumi 70% dan oshmaydi.

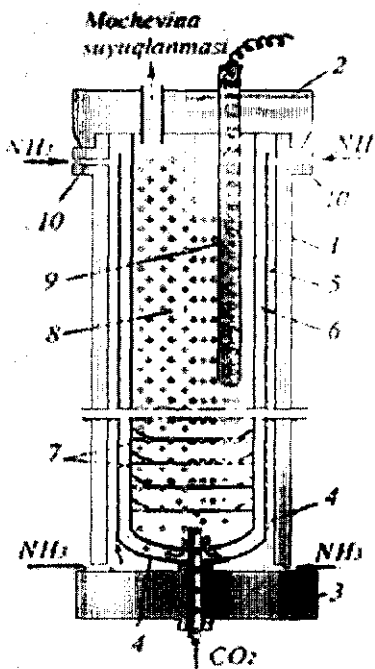
Karbamid ishlab chiqarishning texnologik sxemalari reaksiyaga kirishmay qolgach chiqib ketuvchi gazlarni ajratish u gazlarni yana regeneratsiyalab sintezda ishlatish usullari bilan farq qiladi. 74-rasmda karbamid ishlab chiqarishning texnologik sxemasi berilgan.

Uglerod (IV)-oksidi kompressorda 20MPa bosimgacha siqilgach,



**74-rasm.** Karbamid ishlab chiqarishning soddalashtirilgan sxemasi:

1 – aralashtirgich; 2, 14 – nasoslar; 3 – suyuq ammiak yig'gichi; 4 – kondensator; 5 – sintez kolonnasi; 6 – drossel jo'mrak; 7 – yuvish kolonnasi; 8 – 1 pog'onali rektifikatsiya kolonnasi; 9, 11 – qizdirgichlar; 10 – separator; 12 – vakuum bug'lantirgich apparat; 13 – karbamid suyuqlanmasini yig'gichi; 15 – donadorlash minorasi; 16 – transportyor.



75-rasm. Karbamid sintezi kolonnasi:

1 — korpus; 2 — qoplama; 3 — qoplamani nazorat qiluvchi kollektor; 4 — panjara; 5 — qop-qoq; 6 — termopara uchun shtutser; 7 — reagentlar kiritiladigan shtutser; 8 — suyuq karbamid; 9 — harorat o'lgachigich; 10 — ammiak kirish tuynugi.

yuboriladi. U yerda ortiqcha ammiak gaz holda ajraladi. So'ngra birinchi pog'onali distillatsiya agregati qizdirgich (9)ga o'tib  $170^{\circ}\text{C}$  gacha qiziydi. (Birinchi bosqichli distillatsiya agregatlariga rektifikatsiya kolonnasi, qizdirgich va separatorlar kiradi). Bunda ammoniy karbamat  $\text{NH}_3$  va  $\text{CO}_2$  ga parchalanib ajraladi. Uchib chiqqan bug' — suyuqlik aralashmasi, separator 10ga borib, gaz va suyuqlik ajraladi. Gaz qismi rektifikatsiya kolonnasiga uning ostki qismidan yuboriladi. Suyuq qismining bosimi yanada ( $0,3\text{ MPa}$  gacha) pasaytirilib ikkinchi pog'onali distillatsiyaga yuboriladi. Suyuqlik tarkibi 55–51% karbamid, 4–5% ammoniy karbamat,

aralashtirgichga keladi. U yerga nasos bilan  $20\text{ MPa}$  bosimda suyuq ammiak hamda aylanma ammonyli va karbonatli tuz eritmalari (aylanma eritma bu reaksiyaga kirishmay qolgan gazlarning suvdagi eritmasidir) ham keladi. Aralashtirgichda aralashgan reagentlar sintez kolonnasiga — reaktor (5)ga keladi. U yerda kimyoviy reaksiya natijasida karbamid sintezlanadi. Sintez kolonnasi (75-rasm) ligerlangan po'latdan yasalgan silindrsimon, ichi bo'sh, osti dumaloq idish bo'lib, ichki tomoni xromnikelmolibdenli yoki titanli po'lat bilan qoplangan bo'ladi.

Reagentlar aralashmasi reaktorning ostki shtutseri (shtutser — tashqi tomoni rezbali kalta quvurcha) orqali sintez kolonnasining ichiga kiradi va kolonnaning yuqorisiga tomon ko'tarila boradi. Reagentlarning yaxshi aralashishi uchun kolonna ichida chambarali to'siqlar o'rnatilgan. Suyuqlanma holda hosil bo'lgan karbamid (tarkibida 30–31% karbamid, 21–22% ammoniy karbamat, 33–34% ortiqcha ammiak, 16–17% suv saqlaydi) reaktorning tepa yassi qismidagi shtutserdan chiqadi. Karbamid bosimi kamaytirilib  $1,8\text{--}2\text{ MPa}$  ga keltiriladi, so'ngra rektifikatsiya kolonnasi (8)ning yuqori qismiga

6—7 % ammiak va 28—35 % suvdan iborat bo'ladi. Ikkinchi pog'onali distillyatsiya ham, xuddi birinchi pog'onadagidek, avval suyuqlik rektifikatsiya kolonnasidan o'tib, ammiakning bug'lanishi va karbamatning parchalanishi hisobiga 110° C gacha soviydi, so'ngra qizdirgichda 140—142° C gacha qizdirilib, separatorga yuboriladi. Unda tozalangach, qolgan suyuqlik tarkibida 70—72 % karbamid bo'ladi. Endi u suyuqlik ikki pog'onali vakuum bug'lantirgich (12)ga yuboriladi. U yerda 0,07—0,08 MPa bosimda (ya'ni vakuumda, chunki karbamid polimerlanishi mumkin) eritma bug'lantirilib tarkibida 99,5—99,8 % saqlovchi suyuqlanma olinadi. So'ngra suyuqlanma yig'gich (13)ga, undan nasos (14) yordamida granulalash minorasiga yuboriladi. Minoraning ostidan qarama-qarshi oqimda kirgan sovuq havo ta'sirida karbamid tomchilari sovib qotadi va sharchalar shaklida granulalanadi. Reaktifikatsiya minorasidan chiqqan gaz faza NH<sub>3</sub> (hajmi bo'yicha 70 % NH<sub>3</sub> ushlaydi), CO<sub>2</sub> va H<sub>2</sub>O dan iborat bo'lib, suyuq ammiak va suv bilan sug'orilib turuvchi yuvish minorasi (7)ga yuboriladi. Minorada ammoniyli va karbonatli tuzlarning konsentrlangan eritmasi hosil bo'ladi. So'ngra bu eritma aralashtirgich orqali sintez minorasiga qaytariladi. Gaz fazada esa CO<sub>2</sub> dan tozalangan sof ammiak qoladi, u kondensator (4)da siqilib, suyuqlantirilgach yana siklga qaytariladi. Karbamid sintezi minorasining diametri 2—2,5 m, balandligi 30—35 m (hajmi 160 m<sup>3</sup>) bo'lganda, uning mahsuldorligi 1250 t/sut (450 ming t/yil) ga teng bo'ladi. 1970-yillargacha qurilgan zavodlarda sintez minorasining mahsuldorligi 200—250 t/sut. ga teng bo'lgan).

## 8.6. Fosforli o'g'itlar ishlab chiqarish

Fosfor birikmalarini olish uchun ishlatiladigan xomashyo bu tabiiy fosfatli rudalar apatit (apatit so'zi grekcha *apate* so'zidan olingan bo'lib, yolg'on, aldanish ma'nolarini anglatadi. Ilgari u mineralni boshqa minerallardan farq qilish qiyin bo'lgan, kishi aldangan va apatit nomini bergan) va fosforitlardir. Apatitli rudalar magmatik jinslardir. Keng tarqalgan apatitlarga fluorapatit 3Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> \*CaF yoki boshqacha yozganda Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub> F<sub>2</sub> (ko'pincha qisqartirib Ca<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> F shaklida yoziladi), xlorapatit Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Cl, gidroklatatit Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub> (OH)<sub>2</sub> lar kiradi. Rossiyaning yirik apatit konlariga Kola yarim orolida Xibin tog'laridagi apatit-nefelinli rudalar kiradi. Kondagi apatit rudasi qavatining qalinligi 200 m gacha boradi.

Uni 1926-yilda A. E. Fersman va A. N. Labunsevlar ochganlar. U dunyodagi eng yirik kondir, yana Sibirning Oshurkovskiy koni, yangi topilgan Krasnoyarskiy o'lkasidagi va Janubiy Baykal oldi apatit konlari

misol bo'la oladi. Uning tarkibida 14—18,5 %  $P_2O_5$  bor. Fosforitlar dengiz suvlaridan kalsiy fosfatning chiqishidan hosil bo'lgan chiqindi jinslardir. Ular keng tarqalgan va dunyodagi barcha fosfatli rudalarning asosiy qismi fosforitlardir. Apatitli rudalar esa dunyo zaxirasining qariyb 6% ini tashkil etadi. Fosforitlar tarkibida fluorapatit minerallaridan ( $Ca_3(PO_4)_3F$ ) tashqari qo'shimchalar kvarts minerallari —  $SiO_2$ , kalsit —  $CaCO_3$ , dolomit —  $CaCO_3$ ,  $MgCO_3$  hamda temir va aluminiy oksidlari va boshqalarni saqlaydi.

Fosforitlar tarkibida 18—36% gacha  $P_2O_5$  bo'ladi. Sobiq SSSRda fosforitlarning 200 dan ortiqroq koni topilgan. Eng yirik fosforit koni 1941-yilda topilgan Janubiy Qozog'istondagi Qoratog' konidir (uning tarkibida 21 —23% gacha  $P_2O_5$  bo'ladi). Boshqa yirik konlari: Aktyubinskiy (Shimoliy Qozog'iston), Vyatsko-Kamskiy, Kingiseppskiy (Leningrad viloyati), Maardu (Estoniya SSR) lardir.

Fosforli o'g'itlar texnologiyasining asosiy vazifasi o'simliklar o'zlashtira olmaydigan fosforli birikmalarni suvda yoki kislotali tuproqda eruvchi va o'simlik o'zlashtira oladigan birikmalarga aylantirishdan iboratdir. Buning uchun apatit yoki fosforitlar avval flotatsiya yo'li bilan boyitiladi. Apatitlar boyitilgach tarkibida 39—41 % gacha  $P_2O_5$  saqlaydi. Chiqindisi (dumlari) tarkibida 30 % gacha  $Al_2O_3$  saqlovchi nefelin bo'lib, aluminiy ishlab chiqarish uchun ajoyib xomashyodir. (Hozircha u nefelinning 50 %ga yaqinidan foydalanilmoqda.) Fosforitlar boyitilgach, tarkibida 27—28,5%  $P_2O_5$  saqlovchi konsentratga aylantiriladi.

Tabiyy fosforitlarni kimyoviy qayta ishlash uch xil yo'l bilan amalga oshiriladi. Keng tarqalgan usul bu fosforitlarni sulfat, fosfat va nitrat kislotalari bilan parchalashdir. Boshqa usulda fosfatlar  $SiO_2$  ishtirokida uglerod bilan qaytarilib fosfor elementi olinadi, so'ngra u fosfat kislotaga va uning tuzlariga aylantiriladi. Uchinchi usuli fosfatlarga termik ishlov berishdir. Masalan, *ishqorli parchalash (ishqoriy va ishqoriy-yer metall tuzlari bilan aralastirilib, suyuqlantirish orqali yoki suv bug'i bilan gidrotermik ishlov berishdir).*

Tabiyy fosfatlarning bir qismi kimyoviy ishlov berilmay, maydalanib fosforit uni deb ataluvchi nom bilan bevosita o'g'it sifatida ishlatiladi. Bu eng arzon fosforli o'g'it bo'lib, u faqat kislotali tuproqlardagina ishlatilishi mumkin bo'lgan, sekin ta'sir qiluvchi o'g'itdir.

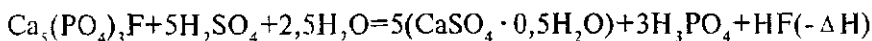
Kimyoviy ishlov berish yo'li sanoatda, asosan, oddiy superfosfat, qo'sh superfosfat va kompleks o'g'itlar ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

Oddiy superfosfat eng keng tarqalgan fosforli o'g'itdir. Uning kimyoviy formulasi  $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$  va qo'shimchalar

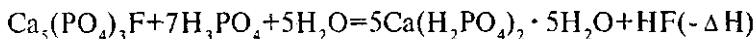
temir fosfat, aluminiy fosfat – kremnezyom va fosfat kislotasidan iboratdir. Oddiy superfosfat kulrang donador kristallar bo‘lib, suvda yaxshi eriydi, ammo tarkibida 50% dan ko‘proq keraksiz begona qo‘shimchalar ushlaydi.

Oddiy superfosfat tabiiy fosfatlarni sulfat kislota bilan o‘zaro ta’sir ettirib olinadi. Bu jarayon ko‘p fazali geterogen, diffuzion hududda kezuvcchi jarayon bo‘lib, ikki bosqichda boradi.

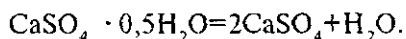
Birinchi bosqichda sulfat kislota ftorapatit zarrachalariga diffuziyalanadi, bu jarayon tez boruvchi kimyoviy reaksiyadir. Hosil bo‘lgan kalsiy sulfat cho‘kmaga tushadi.



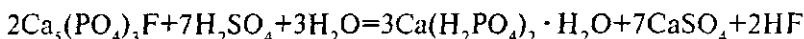
Reaksiya uchun olingan sulfat kislota sarflanib tugagach (20—40 minutda tugaydi), ikkinchi bosqich boshlanadi. Ikkinchi bosqichda fosfat kislota qolgan apatit bilan reaksiyaga kirishadi:



Hosil bo‘lgan monokalsiy fosfat sekin-asta kristallanadi. Reaksiya uzoq davom etadi. Shu jarayonda  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  suvini yo‘qotib anhidrid shakliga o‘tadi:



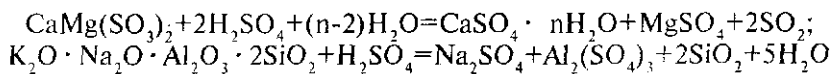
Oddiy superfosfat olish reaksiyasini umumiy holda bunday yozish mumkin:



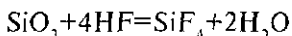
Reaksiyaning batamom tugallanishi, ya’ni monokalsiyfosfatning hosil bo‘lishi va kristallanishning tugashi omborxonada 6—25 sutka mobaynida bo‘ladi. Bu davrni superfosfatning yetilishi deyiladi. Yetilishni tezlatish uchun  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ning konsentratsiyasi va haroratni oshirish kerak. Ammo  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ning konsentratsiyasi optimaldan oshirilsa  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  ning mayda kristallarning zichlashgan qavati hosil bo‘ladi va u  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ni apatitga diffuziyalanishini sekinlashtiradi. Kislotaning ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) optimal konsentratsiyasi 67—68% li eritmasidir. Reaksiyon kameraning optimal harorati 110° C bo‘lib, u reaksiya issiqligidan olinadi.

Superfosfatning yetilishini tezlashtirish uchun ko‘pchilik hollarda  $\text{H}_2\text{SO}_4$  miqdorini stexiometrik hisobdan ortiqcha olinadi va reaksiya so‘ngida fosforit uni ammiak bilan neytrallanadi. Bir vaqtning o‘zida asosiy reaksiya bilan bir qatorda apatit yoki fosforit minerali tarkibidagi begona aralashmalar hisobiga qo‘shimcha reaksiyalar ham ketadi.

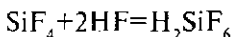
Masalan:



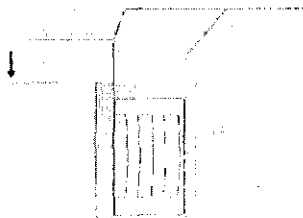
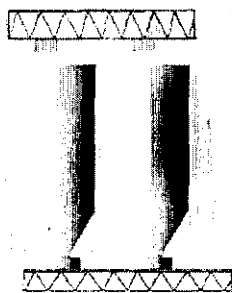
Kremniy (IV)- oksidi HF bilan birgalikda  $\text{SiF}_4$  hosil qiladi.



Hosil bo'lgan  $\text{SiF}_4$  ning bir qismi ajralib gaz fazaga o'tadi, qolgan qismi geksaftormetakremniy kislotasiga aylanib eritmada qoladi.



Oddiy superfosfatni to'xtovsiz ishlab chiqarish usulining sxemasi 76-rasmda berilgan. Fosfat minerali ombordan silos (silos — maxsus maydalangan ashyo) saqlash qurilmasiga (1) keladi. Undan ta'minlagich (2) yordamida elevator (3) orqali bunkerga (4) va avtomat taroziga (5) olib beriladi.



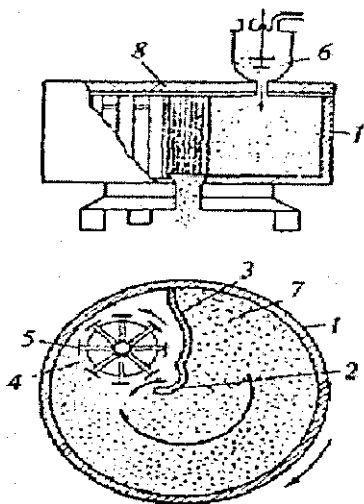
**76-rasm.** Uzluksiz usulda superfosfat ishlab chiqarish sxemasi:

1 — siloslar; 2 — shnekli ta'minlagich; 3 — kovshli elevator; 4,6 — bunkerlar; 5 — avtomat tarozi; 7 — aralashtirgich; 8 — sulfat kislota; 9 — suv va kislotani aralashtirgich; 10 — suv; 11 — konsentratsiya o'lchagich; 12 — yetilish kamerasi; 13 — pichoqli karusel; 14 — dozlagich.

Fosfat tarozidan bunkerga (6) va undan aralashtirgichga (7) kelib tushadi. Aralashtirgichga bosim hosil qiluvchi bakdan (8) sulfat kislota ham kelib tushadi. Sulfat kislota aralashtirgichga (9) suvli bakdan oqib tushuvchi suv bilan aralashtiriladi, so'ngra uning konsentratsiyasi konsentratometrda (11) aniqlangach, sarf o'lchagich (12) orqali

aralashtirgichga (7) kelib tushadi. Aralashtirgichda hosil bo'lgan yarim suyuq massa — pulpa superfosfatning yetilish kamerasiga tushadi. Superfosfat kamerasi (77-rasm) tik temirbetondan qilingan silindrsimon korpus (1) bo'lib, tashqi tomoni po'lat g'ilof bilan, ichkarisi esa kislotaga chidamli diabaz plitalar bilan qoplangan.

Kamera qo'zg'almas cho'yan silindr (2) atrofida sekin aylanadi. Cho'yan silindr orqali superfosfat kameradan tushiriladi. Kameraning qopqog'i qo'zg'almasdir. Qopqoqqa kamerani ortish bo'limi bilan tushirish bo'limini bir-biridan ajratib turadigan to'siq vertikal holda o'rnatilgan. Ortish bo'limiga qopqoqning maxsus teshigi orqali aralashtirgichdan superfosfat suspenziyasi (pulpa) tushib turadi. Tushirish zonasida to'siqqa (ortish-tushirish bo'limlariga ajratuvchi to'siq) frezer (kesuvchi pichoqlar) o'rnatilgan bo'lib, kamera yo'nalishiga teskari yo'nalishda aylanib turadi. Kamera har 1,5–2,5 soatda bir marta aylanadi. Shu vaqt ichida superfosfat yetiladi. So'ngra tushirishga tayyor bo'lgan superfosfat frezer pichoqlar bilan kesilib, ichi bo'sh cho'yandan yasalgan silindrsimon quvur osti orqali transportyorga tushadi



77-rasm. Superfosfat kamerasi (tik va ko'ndalang kesimi): 1 — kamera korpusi; 2 — yarim silindr; 3 — qo'zg'almas qalqon; 4 — karusel frezer; 5 — pichoqlar; 6 — aralashtirgich; 7 — pulpa tushadigan joy; 8 — qo'zg'almas qopqoq.

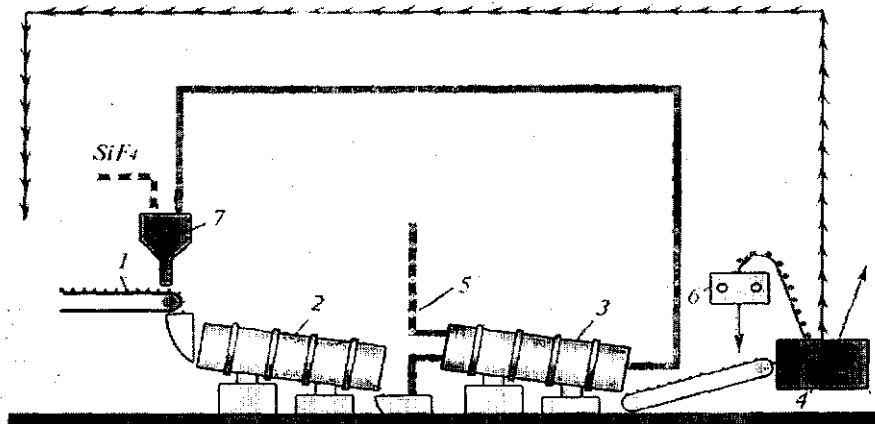
va omborga olib borib tashlanadi. Standart superfosfat kamerasining balandligi 2,5 m, diametri 7,1 m bo'lib, uning mahsuldorligi 50 t soatiga teng bo'ladi. Soatiga 100–150 t superfosfat ishlab chiqaradigan kameralar ham bor.

Oddiy superfosfatning asosiy kamchiligi uning tarkibida oziq elementlarning kamligidir. Boyitilgan apatitlarda olingan superfosfat, tarkibida 19–20%  $P_2O_5$ , Qoratog' fosforitidan (boyitilgan) olingani esa 15 %  $P_2O_5$  saqlaydi. Shundan 5,5 %  $P_2O_5$ ,  $H_3RO_4$  shaklida bo'ladi. 50 % gacha  $CaSO_4$  va 11–14 % boshqa begona qo'shimchalar tutadi. Uning tarkibida  $H_3PO_4$  ning bo'lishi o'g'itni saqlash va ishlatishni qiyinlashtiradi, tashish xarajatlarini ko'paytiradi. Shuning uchun kislotani maydalangan ohaktosh, bo'r, fosforit uni yoki gazzimon ammiak qo'shib neytrallanadi. Bu jarayon donadorlash paytida



amalgam oshiriladi. Undan tashqari, uning yetilishi uchun katta hajmdagi omborxonalar saqlovchi joylar talab qilinadi. Bu kamchilikni tuzatishning yagona yo'li superfosfatni omborxonalarda saqlamay yetiltilirish usullariga o'tishdir. Bunday qilinganda flor saqlovchi gazlarning atmosferaga chiqib uni zaharlanishining ham oldi olingan bo'lar edi. Omborlarda yetiltirmay oddiy superfosfat olish usullariga qo'sh superfosfat olishda qo'llanilayotgan kamera-oqimli va oqimli usullarini ko'rsatish mumkin.

Superfosfatni donadorlash biroz qiya o'rnatilgan barabanlarda (2) olib boriladi (78-rasm).



78-rasm. Superfosfatni donadorlash qurilmasi sxemasi:

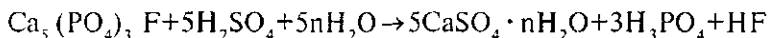
1 — superfosfatni uzatuvchi tasma; 2 — granulyator; 3 — quritish barabani; 4 — maydalagich; 5 — issiq havo berish; 6 — valikli maydalagich; 7 — siklon.

Unga tashigich 1 dan to'xtovsiz superfosfat kelib turadi va (16% gacha) suv sachratilib turiladi. Barabanlar sekin aylanib turadi. Natijada mayda zarrachalar nam bo'lganidan bir-biriga yopishib donachalar hosil qiladi. So'ngra quritish barabani 3ga o'tadi va undan g'alvir 4ga boradi. Hosil bo'lgan donachalarning 2 mm dan kichigi qayta donadorlashga, 4 mm dan kattasi esa maydalagich 6ga va undan yana g'alvirga boradi. Quritish barabanidan chiqqan gazlar superfosfat changlarini ushlab qolish uchun siklon uskunasi yuboriladi. So'ngra  $SiF_4$  ni ushlab qolish uchun suv bilan sug'orilib turuvchi minoraga boradi. Donadorlangan superfosfat 19,5–20,5 %  $P_2O_5$  ushlaydi. Shundan 25,5 % gachasi  $H_3PO_4$  shaklida bo'ladi.

Qoratog' fosforitidan olingan superfosfat donadorlanganda ammiak bilan neytrallash jarayoni ham qo'shib olib boriladi.

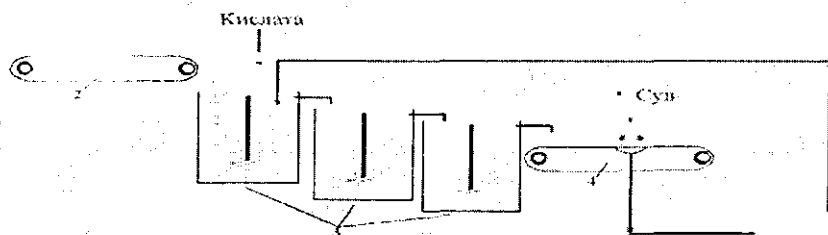
## 8.7. Fosfat kislota va qo'sh superfosfat ishlab chiqarish

Fosfat kislota olishning asosiy usuli ekstraksiya usulidir. Bunda tabiiy fosforitlarga mo'1 miqdorda sulfat kislota bilan ishlov beriladi.



Hosil bo'lgan gipsni (fosfogips — parchalanmay qolgan fosfat va  $\text{CaSO}_4$  aralashmasi) suyuq fazadan filtrlab ajratib tashlanadi. Olingan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  asosan o'g'it olish uchun va texnik maqsadlarda ishlatiladi. Fosfogipsdan filtrlab ajratilgan fosfat kislota suyuq fazaga o'tgan kremnezyom, sulfatlar, temir va aluminiy fosfatlari va boshqalar bilan ifloslangan bo'ladi. Fosfat kislota ishlab chiqarishda yuqori konsentratsiyali kislota olishga, yaxshi filtrlanadigan yirik kristalli fosfogips olish va ekstraksiya jarayonini tezlashtirishga harakat qilinadi.

Gipsning yirik kristallari  $70-80^\circ\text{C}$  harorat va sulfat kislota konsentratsiyasi pastroq bo'lganda hosil bo'ladi. Yuqori konsentratsiyali  $\text{H}_3\text{PO}_4$  olish va ekstraksiya jarayonini tezlashtirish uchun, 75% li  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $70-80^\circ\text{C}$  temperatura va intensiv aralastirish qo'llaniladi. Jarayon to'xtovsiz boradi. Fosfat kislota ishlab chiqarishning texnologik sxemasi 79-rasmda berilgan. Bunker 1 dan fosfat xomashyosi lentali dozlagich (2) orqali ekstraksiyalagichga (ekstraksiyalagich — yirik  $60\text{m}^3$  hajmli po'lat chanlar bo'lib, ichi kislotaga chidamli plitalar bilan qoplangan va ichiga aralastirgich o'rnatilgan) tushadi.



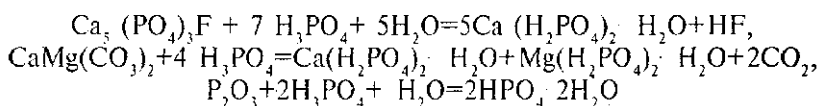
79-rasm. Ekstraksiya usuli bilan fosfat kislota ishlab chiqarish sxemasi:  
1 — bunker; 2 — tasmali dozlagich; 3 — ekstraktorlar; 4 — tasmali vakuumfiltr.

Unga kislota saqlagichdan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  oqib tushadi. Hosil bo'lgan pulpa navbat bilan keyingi ekstraksiyalagichlarga o'zi oqib o'tadi. So'ngra undan lentali vakuum filtr (4)ga borib filtrlanadi, suv bilan yuviladi va fosfogips

ajratib olinadi. Kislota konsentratsiyasi 36% dan ( $P_2O_3$  28—32 %) oshmaydi. Qo'sh superfosfat olish uchun 50—80 %li  $H_3PO_4$  kerak bo'ladi. Shuning uchun olingan suyuq  $H_3PO_4$  ning konsentratsiyasi turli yo'llar bilan oshiriladi.

Keyingi yillarda fosfat kislotasi ishlab chiqarishni uch sharoitda: digidratli, yarimgidratli va angidritli ekstraksiya usullari ishlab chiqildi. Kislota olish jarayonning sharoitlariga qarab, asosan, temperatura va  $H_2SO_4$  ning konsentratsiyasiga qarab kalsiy sulfat turlicha gidratlanadi. Bu uchala sharoitlar orasida keng tarqalayotgani yarimgidratli usuldir. Bu usulda konsentrlangan  $H_3PO_4$  olish imkoniyati tug'iladi. Rossiyada hozirgi paytda ishlab chiqarilayotgan  $H_3PO_4$  ning 1/4 qismi shu usulda olinmoqda va bu ko'rsatkich oshib bormoqda. Bunda jarayon digidratli sharoitga o'xshaydi, ammo ayrim parametrlari bilan farq qiladi. Masalan, 95—105° C haroratda, yuqori konsentratsiyali (93 % li)  $H_2SO_4$  ning qo'llanishi kabilar. Ayniqsa juda keng tarqalayotgan qurama (yarimgidrat-digidratli) usul, yuqori konsentratsiyali (50 %  $P_2O_3$ )  $H_3PO_4$  olish imkoniyatini berish bilan bir qatorda atrof-muhit zaharlanishining ham birmuncha oldini oladi. 1 t tabiiy fosfatni  $H_2SO_4$  bilan qayta ishlaganda 1,6 t fosfogips hosil bo'ladi. Undan foydalanish muammosi haligacha to'liq hal qilingan emas. Uni sho'r yerlarni normallashtirish uchun tuproqqa soladilar, undan shuvoq ishlari uchun ganch-alebastr olinadi. Uni termik parchalab sement xomashyosiga hamda  $SO_2$  olinib uni yana  $H_2SO_4$  ga aylantirish mumkin. Bu foydalanish yo'llari hali to'liq amalga oshgan emas. Uni amalga oshirish iqtisodiy va ekologik nuqtayi nazardan muhim vazifadir.

Qo'sh superfosfat (nomidan ma'lumki, fosfatni ikki marta ishlov berib olingan) tabiiy fosfatlarga fosfat kislota ta'sir etib olinadi.

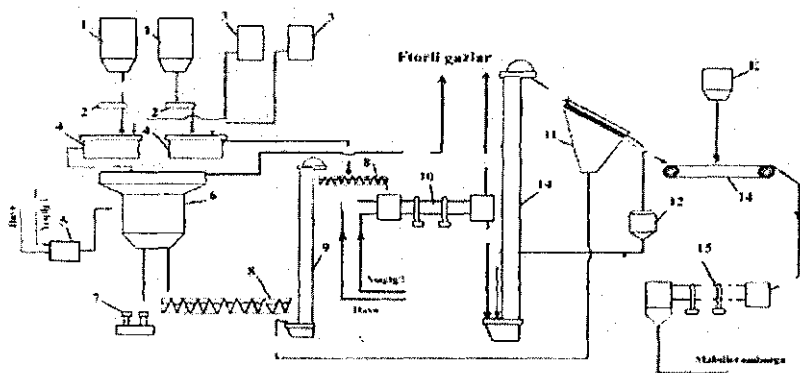


Fosfat kislotasining stexiometrik normasini shu reaksiyalar asosida hisoblanadi. Qo'sh superfosfat oddiy superfosfatdan farq qiladi. U asosan monokalsiy fosfatdan iborat bo'lib, konsentrlangan o'g'itdir. Tarkibida oddiy superfosfatdan 2—3 marta ko'p, 40—50 %  $P_2O_5$  saqlaydi. Qo'sh superfosfat ishlab chiqarishning kamerali usulida uskuna va qurilmalari oddiy superfosfatnikidek bo'lib, farqi faqat fosfat ashyosi bilan fosfat kislotasi aralashadigan aralashtirgichning turida va to'xtovsiz ishlovchi kamera ko'rinishidadir. Qo'sh superfosfat ishlab chiqarishning (oddiy superfosfat ishlab chiqarishning ham) kamerali usuli ilgari aytilganidek anchagina kamchiliklarga ega. Avvalo bunda fosfatni parchalash uchun konsentrlangan  $H_3PO_4$  talab qilinadi. Ikkinchidan tayyor mahsulotning yetilishi uchun (ya'ni

kalsiymonofosfat kristallarining shakllanishi: reaksiyaning tugallanishi uchun omborxonalarda uzoq muddat saqlanishidir. Shuning uchun ekstraksiyon fosfat kislotasini bug'lantirish, konsentratsiyasini oshirishga mahsulotni yetiltirish uchun katta hajmdagi omborxonalar qurish va mahsulotni aralashtirib turish kabilarga katta qo'shimcha mablag' sarflanadi. Bundan tashqari mahsulotni omborxonalarda yetiltirish paytida anchagina ftorli gazlar havoga chiqib, uni zaharlaydi.

Qo'sh superfosfat olishning anchagina progressiv usulli bu to'xtovsiz oqimli (potok) ishlab chiqarishdir. Bu usulda mahsulotni omborxonalarda saqlamay va konsentratsiyasi oshirilmagan fosfat kislotaga qo'llash bilan tayyor donadorlangan qo'sh superfosfat olish mumkin. Bunda havoga chiqadigan ftorli gazlar miqdori ham anchagina kamayadi (ammo umuman fosforli o'g'itlar ishlab chiqarishda havoga chiqarib yuboriladigan ftorli gazlar miqdori zavod qanday usulda ishlamasin, baribir davlat standart normasidan yuqori) va iqtisodiy ko'rsatkichlari ham yuqori.

Potokli oqimda qo'sh superfosfat ishlab chiqarishning sxemasi 80-rasmda berilgan.



**80-rasm.** Uzlüksiz oqimda donadorlangan qo'sh superfosfat ishlab chiqarish sxemasi:

1 — fosforit uni; 2 — tasmali o'lchovchi dozalagich; 3 — aralashtirgich; 4 — fosfat kislotasi dozalagichi; 5 — reaktorlar; 6 — nasos; 7 — barabanli donadorlagich-quritgich; 8 — yoqish joyi (ustaxonasi); 9, 14 — siklonlar; 10 — elevatorlar; 11 — g'alvir; 12 — maydalagich; 13 — ammonizator.

Maydalangan fosfat xomashyosi bunker 1 dan lentali tarozi — dozalagich (2) orqali aralashtirgich (3) ga keladi. Bu yerga dozalagich (4) dan fosfat kislotasi ham quyiladi.

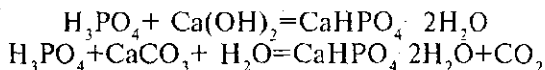
Aralashtirgichda hosil bo'lgan suspenziya to'xtovsiz reaktor (5) ga tushib

turadi. 78—100° C haroratda 60—69 daqiqada reaktorda (yaxshilab aralashtirilgani va hajmining kattaligi sababli) fosforitning 50 % parchalanib bo‘ladi, suyuq faza dikalsiyfosfat bilan to‘yinadi, uni yanada aralashtiraverishning foydasi bo‘lmaydi, reaksiya keskin sekinlashadi, buning asosiy sababi fosforit zarrachalarining yuzasi dikalsiy fosfatning mayda zarrachalaridan iborat parda bilan qoplanishidir. U parda vodorod ionlarini (H<sup>+</sup>) keskin kamaytirib reaksiyon yuzani to‘sadi. Haroratning ortishi dikalsiy fosfatni eruvchanligini kamaytiradi. Shuning uchun ham reaksiya ekzotermik bo‘lganligidan eritmaga (suspensiyaga) nisbatan fosforit zarrachalari yuzasida temperatura yuqori bo‘ladi. Natijada dikalsiyfosfatning kristallanishi u yuzada ko‘proq bo‘ladi.

Reaktordan suspenziya nasos bilan barabanli quritgich-donadorlagich (7)ga olib boriladi. Unga o‘txona (8)dan yonishda hosil bo‘lgan issiq gazlar ham keladi. Bu donadorlagich yangi turdagi uskuna bo‘lib, bir vaqtning o‘zida suspenziyani (pulpa) purkash yo‘li bilan ham quritadi, ham donadorlaydi, eski zavodlarda bu ish alohida-alohida maxsus qurilmalarda olib borilar edi.

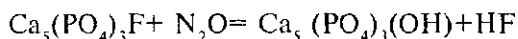
Granulyatordan chiqqan quruq donador qo‘sh superfosfat (tarkibida 2—3 % namlik saqlaydi) 100—150° haroratda elevator (10) yordamida g‘alvir 2ga yuboriladi. Unda 1—4 mm kattalikdagi sharchalar ajratib olinadi. Kattalari maydalagich (12)da maydalanib yana g‘alvirga tushadi. Donadorlagichda suspenziyadan suvning bug‘lanib chiqishi tufayli H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> ning konsentratsiyasi ortadi. Monokalsiy fosfatning kristallanishi tufayli (u issiqda oson kristallanadi) eritmada uning konsentratsiyasi kamayadi, natijada H<sup>+</sup> ionining aktivligi ortib fosforit zarrachasi yuzasidagi parda qisman eriydi va fosforitning yana H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>da parchalanishi davom etadi. Shuning uchun ham jarayonning oxirida fosforitning parchalanishi 50%dan 85% gacha ko‘tariladi. G‘alvirdan o‘tkazilgan qo‘sh superfosfat neytrallashtirish uchun ammoniylik barabani (13)ga keladi. U yerda unga yo bo‘r sepib, yo ammiak ta‘sir ettirib, o‘g‘it tarkibidagi erkin H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> miqdori ancha kamaytiriladi. Tayyor mahsulot omborga yubortiriladi.

Bulardan tashqari yana ftorsiz fosforitlar ham ishlab chiqariladi, ular ham o‘g‘it, ham mol ozuqasi sifatida ishlatiladi. Bularga: kalsiy gidrofosfati (presipitat), ftorsizlangan fosfat va boshqalar kiradi. Kalsiy gidrofosfat sanoatda ohakli suv yoki ohaktosh ta‘sir ettirib olinadi.

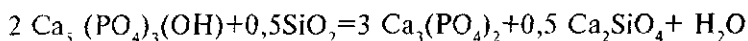


Presipitat (nemischa «prizpitierung» so‘zidan olingan bo‘lib, cho‘kish ma‘nosini anglatadi) tarkibida 41,35% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> saqlaydi. U suvda yomon eriydi. Ftorsizlangan fosfatni boyitilgan apatit yoki fosforitni gidrotermik

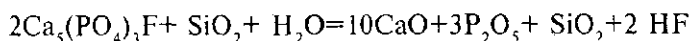
(suv bug'i ishtirokida qizdirish) parchalash bilan olinadi. Bu reaksiya 1400—1550° C haroratda 2 % gacha SiO<sub>2</sub> ishtirokida boradi. Reaksiya avval gidroksilapatit hosil bo'lishi bilan boradi.



So'ngra gidroksilapatit SiO<sub>2</sub> ishtirokida parchalanadi.



Apatitning SiO<sub>2</sub> ishtirokida gidrotermik parchalanish reaksiyasini bunday yozish mumkin.



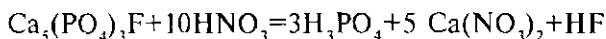
Ftorsizlangan fosfat tarkibida 28—41 % gacha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> saqlaydi.

## 8.8. Kompleks o'g'itlar

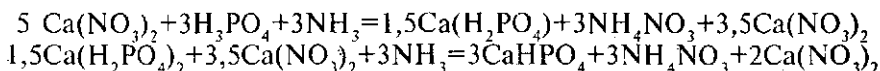
Kompleks o'g'itlar tarkibida ikki va undan ortiq oziqa elementi ushlaydi. O'g'itlarni zavodlarda qoplarga solish, tashish, tushirish, omborlarda saqlash, tuproqqa solish va shu kabilar ko'p mehnat va katta xarajat talab qiladi. Bu xarajatlarni kamaytirish uchun konsentrlangan, shu bilan bir qatorda kompleks o'g'itlar ishlab chiqarish juda muhimdir. Keyingi yillarda kompleks o'g'itlar ishlab chiqarish sur'atlari ortib bormoqda.

Kompleks o'g'itlarni, tabiiy fosfatlarni nitrat kislotasi bilan ishlov berish orqali yoki fosfat kislotasini ammiak bilan neytrallab olish mumkin. Masalan, nitrofos nitrofosk, azofosk va boshqalar ko'p ishlab chiqariladigan murakkab o'g'itlardir.

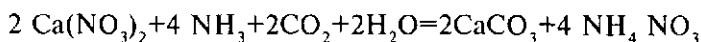
Fosfatlarni nitrat kislotasi bilan parchalaganda quyidagicha reaksiya boradi.



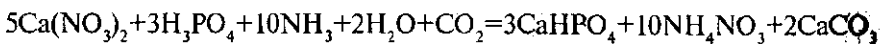
Hosil bo'lgan moddalar aralashmasi ammiak bilan neytrallanadi.



Bu reaksiyada kalsiyning 60%i kalsiy monogidrofosfatga aylanadi. So'ngra hosil bo'lgan aralashma qolgan kalsiyni erimaydigan karbonatga aylantirish uchun ammiak va uglerod (IV)-oksid bilan ishlov beriladi.

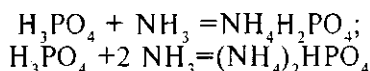


Reaksiya umumiy holda yozilganda quyidagicha bo'ladi:

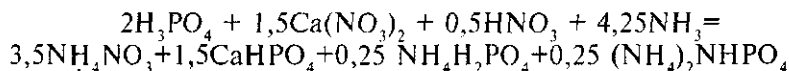


Natijada tarkibida ikkita ozuqa element (H va P) saqlovchi o'g'it hosil bo'ladi, unga nitrofos deyiladi. Agar unga kaliyli tuzlar ( $KCl$ ,  $K_2SO_4$ ) qo'shilib (donadorlashdan ilgari pulpaga qo'shiladi) tarkibida uchta ozuqa elementi saqlovchi (azot, fosfor va kaliy) nitrofosk yoki nitroammofosk deb ataluvchi murakkab o'g'it olinadi. Uning tarkibida N:11—12 %,  $P_2O_5$ :10—11%,  $K_2O$ :11—12 %. Sanoatda ko'p xil nitrofosklar ishlab chiqariladi, ammo ularning barcha navlarida  $P_2O_5$  ning bir qismi suvda erimaydigan  $CaHPO_4$  shaklida bo'ladi.

Murakkab konsentrlangan va faqat suvda eruvchi  $P_2O_5$  saqlovchi o'g'itni fosfat kislotasini ammiak bilan neytrallash orqali olinadi.



Olingan gidro- va digidrammofoslarga ko'pincha kaliy nitrat, karbamid, kaliy xlorid yoki kaliy sulfatlar qo'shish bilan uchta oziqa elementi saqlovchi nitroammofos, karboammofos va boshqa murakkab o'g'itlar olinadi. Bu o'g'itlar suvda yaxshi eruvchi, tarkibida begona qo'shimchasi bo'lmagan, konsentrlangan o'g'itdir (55% gacha ozuqa elementlari ushlaydi). Azofoskni olish uchun, tabiiy fosfatlarni nitrat kislotaga bilan o'zaro ta'siri natijasida olingan eritmadan kalsiy, kalsiy nitrat shaklida eritmasini sovitish yo'li bilan cho'ktirib ajratib olinadi-da, so'ngra ammiak bilan neytrallanadi. Shunday qilinganda suvda eruvchi fosfor saqlovchi fosfatlar olish imkoniyati tug'iladi. Reaksiyasini umumiy holda quyidagicha yozish mumkin:



Neytrallashning oxirgi bosqichida  $KCl$  qo'shiladi. Bunda almashinish reaksiyasi tufayli hosil bo'ladigan  $KNO_3$  va  $NH_4Cl$  ham azofosk tarkibiga kiradi. Azofoskning tarkibida ko'p miqdorda suvda eruvchi  $P_2O_5$  saqlovchi fosfor birikmalari bo'ladi.

## 8.9. Kaliyli o'g'itlar ishlab chiqarish

Kaliyli o'g'itlardan keng tarqalgani kaliy xloridi va kaliy sulfatidir. Kaliyli o'g'itlarning asosiy xomashyosi: silvinit —  $KCl \cdot NaCl$ , langbeynit —  $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ , karnallit —  $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ , kainit —  $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$ , shenit —  $K_2SO_4 \cdot 6H_2O$  va boshqalardir. MDH davlatlarining yirik kaliyli tuz konlariga Ural (Verxnekamskiy va Verxnepechorskiy), Belorussiyadagi Starobinskiy, G'arbiy Ukrainadagi Prikarpat'skiy, O'rta Osiyodagi Gaurdaksiy, Kardiyoksiy, Jilyanskiy va boshqalami ko'rsatish mumkin.

Sobiq SSSRda 1971-yilgacha topilgan barcha kaliyli tuzlarning umumiy miqdori ( $K_2O$  ga hisoblanganda ) 24 mlrd t ni tashkil etadi. Xorijiy mamlakatlardan Kanadada (50 mlrd t) yirik konlari bor. 1980-yilda Sibirda (Nepskiyda) topilgan silvinit va karnalit konlarining zapasi juda kattadir. MDH davlatlari kaliyli tuzlar zaxirasi bo'yicha dunyoda birinchi o'rinda, Kanada ikkinchi o'rinda turadi.

Kaliy xlorid silvinitdan gallurgiya usuli bilan ajratib olinadi («gallurgiya» grekcha so'z bo'lib, sho'r ish ma'nosini anglatadi). Bu usul  $KCl$  va  $NaCl$  ning eruvchanlik harorat koeffisienti har xilligidan foydalanishga asoslangan.  $KCl$  ni issiqlikda yaxshi erishi va sovitilganda uni eruvchanligi kamayib, oson kristallanishidan foydalanib  $NaCl$  dan ajratib olinadi.  $NaCl$  esa issiqda ham, sovuqda ham eruvchanligi taxminan bir xildir.

Silvinitdan  $KCl$  ni sanoatda ajratib olish quyidagi asosiy bosqichlardan iboratdir:

1. Silvinit eritmasidan  $KCl$  ni kristallab ajratib olingach, qolgan sho'robani qizdirib unga maydalangan silvinitni eritish, bunda eritmaga faqat  $KCl$  erib o'tadi,  $NaCl$  esa to'liq qattiq fazada qoladi.

2. Sho'robani cho'kmadan ajratib olish va uni begona qo'shimchalardan tozalab tindirish.

3. Eritmani ( $KCl$  va  $NaCl$  aralashmasidan iborat) vakuumli sovitish orqali  $KCl$  ni kristallash, cho'kmaga tushirish.

4.  $KCl$  kristallarini sho'robadan ajratib olish va uni quritish.

5. Sho'robani 110 — 115°C gacha qizdirish va unda yana yangi porsiya silvinitni eritish.

Keyingi yillarda silvinitdan  $KCl$  ni flotatsiya usuli bilan ajratish keng tarqalmoqda. Yana gravitatsiya ( $KCl$  va  $NaCl$  ni zichligi har xilligidan foydalanib ajratish usuli), elektrostatik seperatsiya (qarama-qarshi zaryadlangan zarrachalarning elektr maydonida ajralishiga asoslangan usuld) usullari ancha istiqboli porloq usullardir. Xlorsiz kaliyli o'g'it, masalan,  $K_2SO_4$  Ukrainada asosan Prikarpatstsiy konidagi (zapasi 2,5 mlrd t) xlorid sulfatli kaliyli minerallardan, gallurgiya va flotatsiya usullari bilan olinadi.

## 8.10. Mikroo'g'itlar

Ta'sir etuvchi moddasi mikroelement bo'lgan mineral o'g'itlarga mikroo'g'itlar deyiladi. Davriy sistemadagi 107 ta elementlarning 80%i, shu jumladan og'ir metallarning barchasi (temir bundan mustasno) mikroelementlardir. Ular o'simlik va hayvonlar organizmida (quruq holdagisiga nisbatan hisoblanadi) 0,01% dan oshmaydi. Har ga yerga solinadigan normasi 0,1—3kg dan oshmaydi. Hozirga qadar 14 ta mikroelementning hayotiy jarayonlardagi muhim roli, ahamiyati aniqlangan.



Shular jumlasiga B, Mn, Cu, Zn, Co, Mo va boshqalar kiradi. Ular hayotiy jarayonga ta'sir ko'rsatuvchi muhim moddalar, fermentlar, garmonlar, pigmentlar va boshqalar tarkibiga kiradi. Ular o'simliklar organizmida turli fiziologik va biokimyoviy jarayonlarga ta'sir ko'rsatadi. Masalan, ular fermentlar aktivligini oshirish orqali, uglevodorodlar almashinuviga ta'sir o'tkazadi, fotosintez jarayonida nurni o'zlashtirishni kuchaytiradi, oqsil sintezini tezlatadi. Ayrim mikroelementlar o'simliklarning ayrim foydali xossalarni kuchaytiradi. Masalan: qurg'oqchilikka, sovuqqa chidamliligini oshiradi, urug'ning rivojlanishini va pishishini tezlashtiradi, kasalliklarga chidamliligini oshiradi va hokazo. Zarur mikroelementlarning yetishmasligi esa o'simlik va hayvonlarda modda almashinuvi buzilishiga, ularni turli kasalliklarga chalinishiga olib keladi. Masalan: borning yetishmasligi bahorgi bug'doy, kanop va qand lavlagini kasalliklarga chidamliligini kamaytiradi, marganets yetishmasligi fotosintez intensivligini kamaytiradi, molibden yetishmasligi barglarda nitratlarning to'planishiga va hosilida oqsilning kamayishiga, temirning yetishmasligi esa barglar xloroziga olib keladi.

Biroq mikroelementlarning ko'pi ham o'simlik va hayvonlarga zaharli ta'sir etadi. Ayniqsa, ko'pgina og'ir metallar (masalan, qo'rg'oshin va simob) zaharli ta'sir etadi. Shuning uchun ham tuproqda mikroelementlar miqdori va sifati aniqlanishi va unga ekiladigan ekinlarning ularga bo'lgan talabi o'rganilmog'i lozim va shu ma'lumotlar asosida u yoki bu mikroelement turi va miqdoridan foydalanish kerak bo'ladi.

Rossiyada va ayrim xorijiy mamlakatlarda keyingi yillarda mikroelementlardan foydalanish (tarkibida mikroelementlar saqlovchi yangi tur o'g'itlarning yaratilishi va ishlab chiqarilishi ayniqsa kengayib bormoqda) tez sur'at bilan o'sib bormoqda. Mikroo'g'it sifatida tarkibida mikroelementlar saqlovchi tabiiy ruda minerallari, ba'zi sanoat ishlab chiqarish chiqindilari, texnik tuzlar, maxsus tayyorlangan moddalar va aralashmalar, masalan, kompleksatlar (ichki kompleks birikmalar); firitlar (qattiq aralashmalar suyuqlanmasidan olinadigan shishasimon yoki metallsimon donachalar) va boshqalar ishlatiladi. Mikroo'g'itlar ekishdan oldin tuproqqa solish yoki o'simlikka changlantirish (sepish) va purkash hamda urug'larga ishlov berish yo'li bilan ishlatiladi. MDH davlatlarida keng qo'llaniladigan mikroo'g'itlarga borli, misli, ruxli, marganetsli, molibdenli va kobaltli o'g'itlar kiradi.

**Borli o'g'itlar.** Mikroo'g'itlar orasida eng keng tarqalgani borli mikroo'g'itlardir. Eng konsentratlangan borli o'g'it borat kislotasidir —  $H_3BO_3$  uni urug'larga sepganda talk bilan aralastiriladi (14—16 % gacha  $H_3BO_3$  saqlovchi aralashmasi ishlatiladi), oddiy, qo'sh superfosfat hamda nitroammofosk va boshqalarga qo'shiladi. Bu maqsadda bura  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ , borat kislotasining kalsiyli tuzi ham ishlatiladi. Kul

tarkibida ham (1kg kulda 200—700 mg gacha) bor uchraydi. Shuning uchun borli o'g'it sifatida kul ham ishlatiladi.

Sanoatda turli tabiiy bor minerallaridan borat kislota ishlab chiqarishda, chiqindi sifatida qoldiq eritma hosil bo'ladi, u tarkibida 21—23 %  $MgSO_4$  va 1,8—2,5 %  $H_3BO_3$  saqlaydi. Bu eritma bug'lantirilib, tarkibida 13%  $H_3BO_3$  va 13 %  $MgO$  saqlovchi bormagniyli o'g'it olinadi. Bu tarkibida ham bor, ham magniy saqlovchi o'g'it hisoblanadi.

**Misli, ruxli, marganetsli, molibdenli, kobaltli o'g'itlar.** Misli o'g'itlarga odamlarning sutkalik talabi 2 gr atrofida bo'ladi. Misli o'g'it sifatida sulfat kislota ishlab chiqarishda hosil bo'ladigan kolchedan kuyindisi va mis ishlab chiqarishda hosil bo'luvchi kuyindilar qo'llaniladi. Ular tarkibida 0,3 — 0,6% mis va boshqa mikroelementlar Zn, Co, Mo saqlaydi. Konsentrlangan misli o'g'it sifatida mis kuporosi,  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  (tarkibida 23,4—24 % gacha Cu saqlaydi) qo'llaniladi. U ham sof holda, ham boshqa o'g'itlarga qo'shib ishlatiladi. Masalan, miskaliyli o'g'it (90 % KCl, 1 % Cu dan iborat). B markali ammofos (0,3—0,5 % Cu saqlaydi) ishlab chiqariladi.

Ruxli o'g'it sifatida  $ZnSO_4 \cdot 5H_2O$  (21,8—22,5 % Zn saqlaydi) hamda ruxli belila ishlab chiqarish korxonalarining chiqindisidan olinadigan PMU-7 markali (polimernoe mednoe udobreniye, tarkibida 25 % gacha Zn saqlaydi) o'g'itlar ishlatiladi. PMU-7 tarkibida Mn va boshqa mikroelementlar ham uchraydi. Ruxli o'g'itlarni 1,4 % gacha atmosferaga, 1,5—1,7 % gacha karbamidga qo'shib ishlatilganda yaxshi foyda beradi. Marganetsli o'g'it sifatida MDH davlatlarida marganetsli rudalarni ho'l usulda boyitilganda hosil bo'ladigan chiqindi ham ishlatiladi. U tarkibida 14% gacha  $MnO_2$  ushlaydi, ammo suvda juda qiyin eriydi. Suvda yaxshi eruvchi marganetsli o'g'it bu  $MnSO_4 \cdot 5H_2O$  dir. U karbonatli marganets rudalarini sulfat kislota bilan ishlov berib olinadi. Oddiy superfosfatga donadorlashdan oldin  $MnSO_4 \cdot 5H_2O$  qo'shib marganetslangan oddiy superfosfat olinadi, u tarkibida 19% gacha  $P_2O_5$  va 1,5% gacha Mn ushlaydi. Asosiy molibdenli o'g'itlarga ammoniy paramolibdat  $3(NH_4)_2O \cdot 7MoO_3 \cdot 4H_2O$  yoki ammoniy molibdat  $5(NH_4)_2O \cdot 12MoO_3 \cdot 7H_2O$  hamda natriy-ammoniy molibdatlar kiradi. Ferroqotishmalar ishlab chiqarishning chiqindilaridan hamda elektr lampochkalar ishlab chiqarish chiqindilaridan olinadi. Ularni superfosfatga qo'shib molibdenli superfosfatlar ishlab chiqariladi (tarkibida 0,13—0,03 % gacha Mo saqlaydi). Qo'sh superfosfatga (0,8 % gacha Mo saqlaydi) hamda nitroammofoskka ham (0,2 % Mo saqlaydi) qo'shiladi. Kobaltli o'g'itlar asosan sulfatli va xlorli Co tuzlari shaklida foydalaniladi. Qo'sh superfosfatga va nitroammofoskka 0,1% gacha qo'shiladi, fosfat uniga 0,001—0,02% gacha qo'shiladi.

Kompleks mikroo'g'itlar ham ishlab chiqariladi. Shundaylardan mis, rux, kobalt, marganets sulfatlari, ammoniy molibdat va kaliy yodidlarini borat kislota bilan qo'shib tayyorlanadi. Ular tarkibida 5,5% V, 2,8% Cu, 5,5% Zn, 0,1 % dan Mo, Co va I, 11% Mn saqlaydi. Ular massasi 0,18 va 0,36 g li tabletkalar shaklida hamda kukunlar shaklida chiqariladi. MDH davlatlarida 10 xil markada, shu jumladan, O'zbekistonda 3 xil markada mikroo'g'itlar ishlab chiqariladi.

## **IX bob. YUQORI HARORATDA BORADIGAN KIMYOVIY TEXNOLOGIK JARAYONLAR**

### **9.1. Silikatlar texnologiyasi. Silikatli materiallarning sinflanishi va ishlatilishi**

Silikatlar, yarimsilikatlar, alumosilikatlarning aralashmasi yoki suyuqlanmalaridan tashkil topgan materiallarga silikatlar deb, ularni ishlab chiqaruvchi sanoat tarmog'ini silikatlar sanoati deb ataladi. Silikatli materiallar kimyoviy tarkibi, olinish sharoiti, xossalari va ishlatilish sohalariga qarab uch guruhga: keramika, bog'lovchi materiallar va shishaga bo'linadi.

Keramika grekcha "keramikos" so'zidan olingan bo'lib, giltuproq degan ma'noni anglatadi. Keramik materiallar va buyumlar asosan turli xildagi giltuproqlardan hamda ba'zi bir oksidlardan ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{CaO}$  va boshqalar) tayyorlanadi. Keramik materiallar va buyumlarni tayyorlashdagi umumiylik, pishirish jarayonida xomashyo yumshab, zarrachalarning bir-biriga yopishib yaxlitlanishidir. Bunda xomashyo tarkibidagi oson suyuqlanuvchi aralashmalarning mayda zarrachalari bilan sovish paytida mustahkam birikib qattiq keramikaga, ya'ni sopol parchasiga aylanadi. Pishirish yaxlitlanish darajasiga qarab ikki xil, g'ovak va zich pishgan keramika hosil bo'ladi.

Birinchi guruh: g'isht, fayans, kafel (koshin), cherepitsa (tomga yopiladigan sopol), terrakota, kulolchilik buyumlari va o'tga chidamli buyumlar (shomot, dinas va boshqalar) kiradi.

Ikkinchi guruhga: chinni, kimyo sanoati uchun kislotalarga chidamli buyumlar, yulka va qoplama plitalar va boshqalar kiradi.

Keramik buyumlar sirtining holatiga qarab sirlangan (glazurlangan) va sirlanmagan buyumlarga bo'linadi. Sirlangan buyumlarning sirti shishasimon yaltiroq sir bilan qoplangan bo'ladi.

Silikatlar aralashmasini to'liq suyuqlanguncha qizdirib, so'ngra suyuq massani sovitilsa turli navdagi shishalar hosil bo'ladi. Kukunsimon silikatlar va alumosilikatlarni va boshqa mineral moddalarni kuydirilsa bog'lovchi xossaga ega bo'lgan birikmalarga aylanadi. Hozirgi zamonda silikatli materiallar ishlatilmaydigan sohani ko'rsatish qiyin. Silikatli materiallar ayniqsa qurilishda, masalan, qurilish g'ishtlari, cherepitsalar, qoplama materiallar, o'tga chidamli va kimyoviy buyumlar, elektr issiqlik va shovqinni izolatsiyalovchi (o'tkazmaydigan) materiallar qurilish va bezak ishlari tayyorlashda, keramik quvurlar olishda, elektrotexnika va radiotexnika sanoatida turli xildagi chinni izolatorlar, isitish asboblari uchun

har xil keramik qismlar, sanitariya-gigiyena (ozodalik) texnikasi narsalari va hokazolar. Keramika materiallariga qiziqish shunchalik oshdiki, XXI asrni ba'zan keramika asri deb ham atalmoqda. Hozirning o'zida noyob mexanik, magnit, elektrik va optik xossalarga ega bo'lgan, xalq xo'jaligining turli-tuman sohalarida ishlatiladigan keramik materiallar yaratilgan.

## 9.2. Keramika buyumlari. Chinni va fayans

Keramika deb turli mineral ashyolardan, asosan tabiiy giltuproqdan, dolomit, magnezit, kvarsit, talk va shunga o'xshash boshqa materiallardan tayyorlangan buyumlarga aytiladi.

**Chinni va fayans.** Chinni fayansdan kimyoviy tarkibi bilan farq qiladi. Chinnining shixtasi tarkibida kvars ( $\text{SiO}_2$ ) va dala shpati ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ) miqdori ko'p bo'ladi va chinni fayansga nisbatan yuqori haroratda kuydiriladi. Shuning uchun ham chinni zarrachalari zich joylashgan, tiniq va mustahkam, qattiq bo'ladi, fayans esa g'ovak, tiniq emas, bo'sh bo'ladi. Chinni buyumlar mexanik mustahkam, termik chidamli, kislota va ishqorlarga chidamli hamda yuqori elektr o'tkazmaslik xossasiga ega. Chinni ikki xil: qattiq va yumshoq bo'ladi. Qattiq chinni ko'pincha kimyoviy idishlar, yuqori voltli va izolatorli (tok o'tkazmovchi buyumlar) va boshqa texnik buyumlar tayyorlash uchun ishlatiladi. Yumshoq chinni mustahkamligi biroz pastroq, ammo yaltiroq tiniq bo'ladi. Undan asosan xo'jalik idishlari (choynak, piyola, kosa, tovoq va hokazolar) va san'at buyumlari tayyorlanadi. Qattiq chinnini tayyorlash uchun 45–55 % tuproq minerallari (30–40 % kaolin keramik massaga yetarlicha plastiklik berish uchun 10–15 % o'tga chidamli giltuproq) 25–30 % kvars yoki toza oq qum va 15–20 % dala shpati olinadi, aralastirib joy qoriladi va shakl berilib 1350–1450°C haroratda kuydiriladi. Yumshoq chinni uchun shixta tarkibi 25 / 1 40% giltuproq minerallaridan (kaolin) 20–45% kvars 30–35% dala shpatidan iborat bo'ladi va 1300–1350 °C da kuydiriladi. Fayans ham ikki xil: qattiq va yumshoq bo'ladi. Qattiq fayans sanitariya-texnika buyumlari (rakovinalar, vannalar va boshqalar), devorlarning sirtini qoplash uchun glazurlangan plitalar tayyorlash uchun ishlatiladi. Yumshoq fayansdan esa chinnidan ancha arzon bo'lgan xo'jalik buyumlari tayyorlanadi. Qattiq fayans shixtasi tarkibiga 25–30 % kaolin va giltuproq, 25–30 % kvars va 10 % dala shpati kiradi. Yumshoq fayans 30–35 % kaolin va tuproq, 36 % kvarsdan tayyorlanadi. Fayans 1200–1270°C haroratda kuydiriladi. Chinni va fayans uchun ishlatiladigan xomashyo toza bo'lishi kerak, ayniqsa tarkibida temir va boshqa zararli aralashma miqdori bo'lmasligi yoki juda kam bo'lishi kerak. Tabiiy kaolin

suv bilan suspenziya hosil qilib tinch qoldiriladi. Dala shpati va kvarsni maydalash quruq usulda amalga oshiriladi, maydalangandan so'ng elanadi, so'ngra ho'l usulda sharchali maydalagichda kukun holga keltiriladi. Ko'pchilik chinni va fayans buyumlari 15–25 % suv saqlovchi plastik massasidan g'ovak gipsdan yoki po'latdan yasalgan qoliplarda tayyorlanadi. Plitalar esa yarim ho'l usulda presslarda shakl beriladi. Murakkab shaklli buyumlar mayin dispersli suvli suspenziyadan kuydirish yo'li bilan tayyorlanadi. San'at buyumlari va standart bo'lmagan buyumlarga qo'lda shakl beriladi, shuning uchun ham ustadan katta mahorat talab qilinadi. Shakl berib havoda quritilgan buyumlar o'tga chidamli materiallardan yasalgan qopqoq bilan yopiladigan maxsus g'ilofga solinib, keyin kuydiriladi. G'ilof kuydiriladigan buyumlarning tashqi yuzasini yoqilg'i gazning ta'siridan himoya qiladi. Agar kuydirish pechi kuydiriladigan buyumlarga yoqilg'i gazi tegmaydigan qilib yasalgan bo'lsa, u holda buyumlar g'ilofsiz bevosita pech ichiga qo'yiladi. Chinni va fayans ikki martadan kuydiriladi. Birinchi kuydirish chinni va fayansning toshi hosil bo'lishi uchun, ikkinchisi esa buyumlarni sirlash uchun, chinni buyumlar birinchi kuydirishda ikkinchisiga nisbatan past haroratda (900° C), fayans esa aksincha, birinchi kuydirishda ikkinchisiga nisbatan yuqori haroratda kuydiriladi, chunki fayansning glazuri past haroratda suyuqlanadi. Glazurning suvli suspenziyasiga buyumlar botirib olinadi yoki maxsus purkagichlar bilan buyumni tashqi tomoniga purkalanadi. Kuydirilganda glazur suyuqlanib, shishasimon yaltiroq massaga aylanadi va sovigach, buyumning yuzasiga mustahkam yopishib qoladi. Glazur buyumni tashqi ko'rinishini chiroyli, yaltiroq tiniq, gaz, suv o'tkazmaydigan, qattiq va kimyoviy ta'surotlarga mustahkam qiladi. Uch xil glazurlar keng qo'llaniladi: ishqoriy-yer glazurlar (kislota va ishqorlarga chidamli buyumlar uchun), sho'r glazurlar va qo'rgoshinsiz glazurlar. Glazurlarning suyuqlanish harorati keramik buyumlarning suyuqlanish haroratiga mos bo'lishi kerak. Shuning uchun ham glazur tarkibiga giltuproq (graviy) qo'shiladi, (masalan, dala shpati). Chinni buyumlar uchun glazur tarkibi taxminan tubandagicha bo'ladi. Kaolin 9 %, kvars 27 %, dala shpati 64 %. Glazurning kengayish koeffitsienti keramik buyumning kengayish koeffitsienti bilan iloji boricha teng bo'lishi lozim, aks holda kuydirish paytida glazur yorilib ketadi.

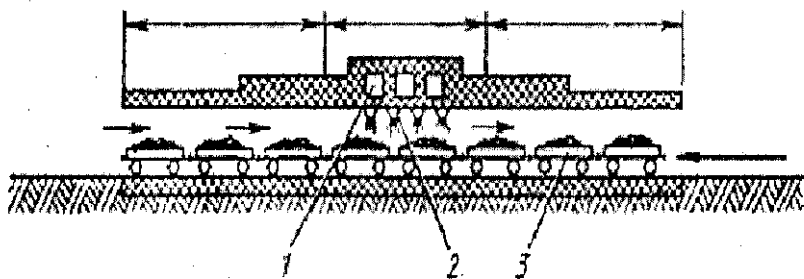
Turli tosh buyumlari glazurlash uchun sho'r glazurlardan foydalaniladi. Ularni pechda kuydirayotganda, kuydirish tugash oldidan pechga ozroq osh tuzi solinadi. Bunda osh tuzi bug'lanib, uning bug'lari kuydirilayotgan tosh buyumlar tarkibidagi kremniy va aluminiy birikmalari hamda suv bug'lari bilan birikib, natriy silikatlar va natriy alumosilikatlarni hosil qiladi.

Kuydirilgan buyumlarga rasmlar va turli naqshlar har xil usullar bilan

rassomlik yo'li bilan qo'lda chiziladi, trafaretlar yordamida, pulverizatorlar orqali bo'yoqlar purkaladi. Fotokeramika usuli bilan dekalkomaniya (qog'ozdagi rasmlarni chinni buyumlarga yopishtirib o'tkazish) usuli yoki bo'yoqlarni qoliplash (shtampovkalash) usulida beriladi. Bu usullardan dekalkomaniya keng tarqalgan usuli bo'lib, bunda rasm keramik bo'yoqlarda qog'ozga chizilgan bo'ladi. Rasimli qog'ozlar buyumlarga yopishtiriladi, maxsus ishlov berib mustahkamlangan buyum quritiladi va pechda kuydiriladi. Fotokeramika usulida kuydirilgan va ko'pincha glazurlangan buyumlarga yorug'lik sezgir yupqa qatlam tushiriladi va rasimga olinadi, pechkada pastroq haroratda kuydiriladi.

Keramik bo'yoq sifatida asosan turli metallarning oksidlari va tuzlari ishlatiladi: silikatlar, boratlar, aluminatlar. Temir oksidi ( $Fe_2O_3$ ) to'q sariqdan qo'ng'irgacha turli rang beradi, xrom oksidi ( $Cr_2O_3$ ) — yashil, xrom oksidi bilan kaliy oksidi ( $K_2O$ ) — och-qizil, kobalt oksidi — ko'k, qo'rg'oshin va natriy birikmalari — binafsha, mis oksidi — ko'k, surma oksidi — to'q sariq ranglar hosil qiladi. Bo'yoqlar buyumlarga birinchi kuydirilgandan yoki ikkinchi kuydirilgandan va glazurlangandan keyin, glazur ustiga beriladi va shundan so'ng yana bir marta kuydiriladi.

Keramik buyumlar maxsus davriy yoki uzluksiz ishlovchi pechlarda kuydiriladi. Nisbatan afzalligi, foydalirog'i uzluksiz ishlovchi tunnelli pechlardir (81-rasm).



**81-rasm.** Tunnelli pechi (ko'ndalang kesimi): 1 — havo kiradigan kanallar; 2 — gorelkalar; 3 — kuydiriladigan material ortilgan vagonchalar.

Tunnelli pechlarda uzun (160 metrgacha uzunlikkacha) kuydirish kanali bo'lib, u kanal ichida temiryo'l o'rnatilgan. Temiryo'ldan kuydiriladigan buyumlar ortilgan vagonlar (3) davriy ravishda harakatlanib turadi. Vagonlarning ichi o'tga chidamli g'ishtlar bilan qoplangan, harakat qilganda bir-biriga yaqin kelib zichlashadi va relsni hamda vagonlarni, ostki temir qismlarini issiqlikdan himoya qiluvchi to'siq vazifasini ham o'taydi.

Vagonlarining yon tomonlarida metall qalqonchalar o'rnatilgan bo'lib, qalqonlar vagonlar bilan birga qum to'siq vazifasini ham o'taydi (issiqlik o'tkazmaslik uchun qo'yilgan yopgich).

Pech gaz yoki suyuq yoqilg'ini yoqib qizdiriladi. Vagonchalardagi buyumlar ketma-ket uchta zonadan: qizdirish, kuydirish va sovitish zonalaridan o'tadi. Pechga kiritilgan buyumlar kuydirish zonasida yoqilg'ini yonishidan hosil bo'lgan issiq gazlar oqimida taxminiy qiziydi. So'ngra vagonchalar kuydirish zonasiga o'tadi. Bu yerda buyumning kuyish jarayoni boradi, unda harorat 1000—1700° C bo'ladi. Shuning uchun ham bu zona yuqori haroratga chidamli sifatli g'ishtlar bilan qoplangan bo'ladi. Yoqilg'i yonishi uchun kerak bo'ladigan havo, sovitish zonasidan kirib vagonchalardagi buyumlarni sovitadi va o'zi qizib maxsus kanalchalar (1) orqali gorelka (2)ga kiritiladi. Kuydirish zonasidan chiqqach, vagonchalar sovitish zonasiga o'tadi va bu yerda buyumlar sovigan pechdan chiqarib olinadi. Tunnelli pechlarda qarama-qarshi oqim prinsipi qo'llanilib, yoqilg'i yonishidan hosil bo'lgan issiq gazlardan foydalanilganligi tufayli yoqilg'ini ancha iqtisod qilish imkoniyati bo'ladi. Jarayonning to'xtovsiz borishi, mexanizatsiyalanganligi bunday pechlarning yuqori mahsuldorligini (yiliga 150 ming tonnagacha) ta'minlaydi. Keyingi yillarda plitalar va yupqa idishlarni kuydirishda konveyrli pechlardan foydalanilmoqda. Bunda buyumlar o'tga chidamli g'ildirakchali taglikda harakat qiladi. Buyumlarning kuydirish muddati bir tekisda qizdirilganligi va sovitilganligi tufayli bir necha soatlarda tugaydi. Tunnelli pechlarda esa bir necha sutkada tugashi yuqorida aytilgan edi. Respublikamizda chinni va fayans buyumlar ishlab chiqarish sanoati ancha keng barpo etildi. Eng keksa chinni zavodi Toshkent chinni zavodidir. U 1954-yilda qurilib mahsulot bera boshlagan. Keyinchalik Samarqand chinni zavodi (1975), Angren keramika kombinati (1976), Quvasoy chini zavodi (1979) qurilgan va ular nafaqat respublikamizda balki chet ellarda ham mashhur bo'lmoqda.

### **9.3. Mineral bog'lovchi moddalar.**

#### **Havoda qotuvchi va bog'lovchi moddalar**

Bog'lovchi moddalar deb, suv bilan aralashtirilganda suyuq yoki plastinkasimon massa hosil qilib ma'lum vaqt o'tgach qotib, qattiq toshga aylanuvchi moddalarga aytiladi. Bog'lovchi moddalar mineral va organik bo'ladi. Organik bog'lovchi moddalar: smolalar, bitumlar, organik yelimlar va hokazolar bu kitobda o'rganilmaydi. Mineral bog'lovchi moddalar havoda va suvda qotuvchi moddalarga bo'linadi. Havoda qotuvchi moddalar faqat havoda qotadi, masalan: ohak, gips va magnezial bog'lovchi moddalar.

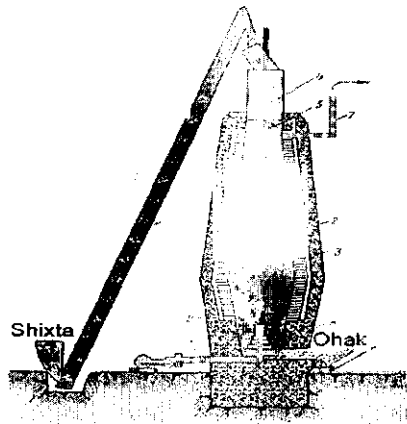


Gidravlik bog'lovchi moddalar ham havoda, ham suvda qotadi. Masalan: gidravlik ohak, portlandsement va boshqa sementlar.

Havoda qotuvchi bog'lovchi moddalardan eng ko'p ishlab chiqariladigani ohakdir. Ohak sanoatda yuqori haroratda ohaktoshni yoki bo'rni kuydirib olinadi. Haroratni oshirish va hosil bo'lgan  $\text{CO}_2$  ni reaksiya muhitidan chiqarib olish reaksiyani o'ngga siljitadi. Reaksiya  $890-900^\circ\text{C}$  da ham boradi, ammo uni  $1200^\circ\text{C}$  da olib boriladi. Ohaktoshni kuydirish ko'pincha shaxtali pechlarda, ba'zan esa aylanib kuydiruvchi pechlarda amalga oshiriladi. Shaxta pechlari (82-rasm) silindsimon ko'pchilik hollarda esa pechni o'rta yoki ostki qismi biroz kengaygan holda bo'ladi.

Pechning balandligi 30 m, diametri 4,5 metr bo'lib, tashqi tomon oddiy, ichki qismi esa o'tga chidamli g'ishtlardan yasaldi. Yoqilg'i sifatida ko'mir yoki tabiiy gaz qo'llaniladi. Xomashyo pechning tepasiga shnek (1) orqali ko'tarilib to'kuvchi voronka (4) orqali pech ichiga to'kiladi. Shixta pech ichida tekis to'kilishi uchun taqsimlovchi konus 5 ham o'rnatilgan, pechning tepa qismida shixta chiqib ketuvchi issiq gazlar ta'sirida quriydi va qiziydi. O'rta qismda esa harorat  $1000-200^\circ\text{C}$  gacha ko'tariladi, natijada karbonatlar parchalanadi.

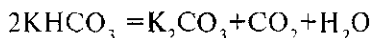
Ostki qismda hosil bo'lgan issiq ohak ostdan kirayotgan sovuq havodan soviydi. Pechning osti qo'zg'aluvchan bo'lib, ulita deyiladi. Ulita (8)ning aylanishi natijasida hosil bo'lgan mahsulot pechning ostki teshigiga tushadi va pechdan chiqarib olinadi. Pechda qarama-qarshi oqim prinsipi qo'llaniladi hamda hosil bo'lgan ohak va karbonat angidridning issiqligidan shixta va pechga kiritiladigan gazni qizdirishda foydalaniladi. Pechdan chiquvchi gaz 30 % karbonat angidrid saqlaydi va u ham turli sohalarda (soda, qant, karbamid, quruq muz va boshqalar olishda) ishlatiladi. Shuning uchun ham u havoga chiqarib yuborilmay, balki, ushlab qolinadi. Buning uchun gaz siklon uskunalarda yoki elektrfiltrlarda changdan tozalanadi, so'ngra nasadkali mineralarda suv bilan yuviladi va potash eritmasiga



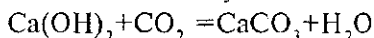
82-rasm. Ohaktoshni quydirish uchun shaxtali pechning sxemasi:

1 — shixta yetkazib beruvchi shnek; 2 — g'isht terilgan qavat; 3 — o'tga chidamli qoplama; 4 — ortuvchi qadaq (voronka); 5 — taqsimlovchi konus; 6 — havo berish uchun quvur; 7 — gazlarni chiqarib yuboruvchi quvur; 8 — ulita; 9 — ulita qopqog'i.

yuttiriladi. Hosil bo'lgan kaliy gidrokarbonat 70—80° C haroratda qizdirilib parchalanadi.



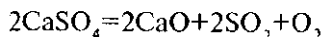
Olingan CO<sub>2</sub> quritiladi va kerakli joyda bevosita yoki bosim ostida suyuqlantirib ishlatiladi. Olingan ohak esa so'ndirilmagan ohak deyilib, u suv bilan so'ndiriladi. So'ndirish jarayoni maxsus gidratorlarda olib boriladi. So'ndiruvchi suv ko'proq solinsa so'ndirilgan ohakning xamirsimon massasi hosil bo'ladi, kam solinganda esa kukun holdagi ohak hosil bo'ladi. So'ndirilgan ohakning bir qismiga 3 qism qum yoki bir qismiga bir qism sement va 9 qism qum aralastirilib suv bilan qorilganda, ohakli yoki ohak-sementli eritma deb ataluvchi xamirsimon massa hosil bo'ladi. Bunday eritmadan gisht terishda bog'lovchi modda sifatida yoki uy devorlarini andavlashda foydalaniladi. Bu loy qotganda suv bug'lanib ketishi natijasida eritmadan Ca(OH)<sub>2</sub> ning mayda kristalchalari ajralib chiqadi hamda havo tarkibidagi CO<sub>2</sub> ta'sirida ohak CaCO<sub>3</sub> ga aylanadi:



Hosil bo'lgan Ca(OH)<sub>2</sub> va CaCO<sub>3</sub> kristallari bir-biri bilan hamda qum zarrachalari bilan bog'lanib, mustahkam toshga aylanib qoladi. Ammo bu jarayon uzoq yillar (100 yillargacha) davom etadi.

Ohak yana oq silikatli (ohak-qumli) gisht tayyorlashda foydalanadi. Bunday g'isht 175°C haroratgacha bug' bilan qizdiriladi. Bunda kimyoviy reaksiya borib, kalsiy gidrosilikati hosil bo'ladi (CaO·SiO<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O) va qum zarrachalarini yopishtirib oladi. Ohak so'ndirilmagan yoki so'ndirilgan holda xlorli ohak, soda olishda, qant ishlab chiqarishda, suvni yumshatishda, metallurgiyada va boshqa ko'pgina sanoat tarmoqlarida ishlatiladi.

Havoda qotuvchi moddalardan yana biri gipsli bog'lovchi moddadir. Gipsli bog'lovchi moddalar ikkiga: past haroratda va yuqori haroratda kuydiriluvchi moddalarga bo'linadi. Qurilish ishlarida ishlatiladigan gips tabiiy gipsni (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) 140—190° C haroratda kuydirib olinadi. Olingan gidrat (CaSO<sub>4</sub>·0,5H<sub>2</sub>O) maydalanib qurilish ishlarida foydalaniladi. Masalan, qurilish panellari haykaltaroshlik buyumlari, keramik buyumlarning qoliplarini tayyorlashda, tibbiyotda singanchiqqanlarni gipslashda, tish plombasida, ohak va qum aralashmasi esa andavlash ishlarida ishlatiladi. Gipsning qotish jarayoni 0,5mol suvli (gidratli) gipsning suvda erib 2 mol suvli, suvda erimaydigan gipsga aylanishiga asoslangan. Gips loyi tez (5—15minutda) qotadi, uni qotishini sekinlashtirish uchun unga ohak, yelim, organik materiallar (masalan, spirtli barda) qo'shiladi. Yuqori haroratli kuydiriluvchi gips 900—1100° Cda kuydirib olinadi.



Uning tarkibi  $(\text{CaO})_n(\text{CaSO}_4)_m$  formulaga mos keladi, chunki  $\text{CaSO}_4$  ning bir qismi parchalanib ketadi. Bunday gips asosan sun'iy marmar toshlar olishda, uyinging pollarini tayyorlashda va boshqa qurilish materiallari tayyorlashda ishlatiladi. Uning qotishi asosan  $\text{CaO}$  ning gidratlanishi va qisman  $\text{CaSO}_2$  ning gidratlanishi hisobiga boradi.

Magnezial bog'lovchi moddalar ham ishlab chiqariladi. Ular magnezitni yoki dolomitni shaxtali yoki aylanib kuydirish pechlarida  $750\text{--}850^\circ\text{C}$  haroratda kuydirib olinadi. Dolomit tarkibidagi  $\text{CaSO}_3$  bunday haroratda parchalanmaydi. Kuydirilgan mahsulot sharli maydalagichlarda maydalanadi. Magnezial bog'lovchi moddalar suvda emas, balki  $\text{MgCl}_2$  eritmasida loy qorilib qotiriladi. Chunki ularni suvda loy qilinib qotirilsa, sekin qotadi hamda qotgan toshi mustahkam bo'lmaydi.  $\text{MgCl}_2$  eritmasida loy qilinganda esa juda tez qotadi va qotgan toshi juda mustahkam bo'ladi. Magnezial bog'lovchi moddalardan turli materiallar tayyorlanadi. Masalan, to'ldiruvchi sifatida najdak, korund, kvars qumi qo'shilsa, undan charx toshlari olinadi, yog'och qipiqlar qo'shilsa, turli issiqlik va tovush o'tkazmaydigan materiallar olinadi.

## 9.4. Gidravlik bog'lovchi moddalar

### Sement ishlab chiqarish

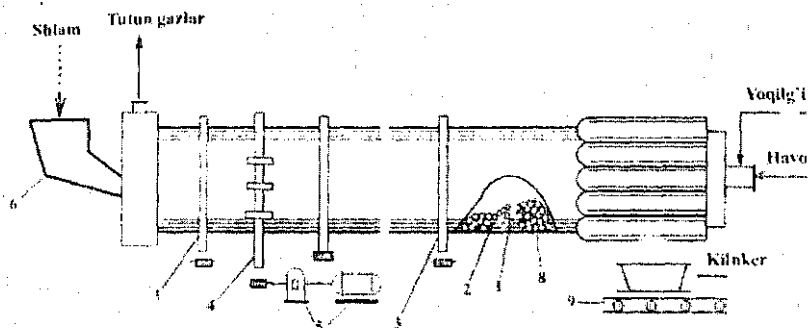
Gidravlik bog'lovchi moddalar qatoriga turli xil sementlar kiradi. Ulardan eng muhimi portlandsementdir. (Bu nom Angliyaning ushbu sement birinchi marta ishlab chiqarilgan Portland shahri nomidan olingan.)

Uni olish  $75\text{--}80\%$  kalsiy karbonat (ohaktosh, bo'r yoki marmar tosh),  $20\text{--}25\%$  oson suyuqlanuvchi tuproqdan iborat aralashmani chala suyuqlanib bir-biriga yopishib qolguncha kuydirishga asoslangan.

Ko'pchilik zavodlarda xomashyo sifatida mergel deb ataluvchi tog' jinsi ishlatiladi (mergel – ohaktoshlarning mayda zarrachalari bilan tuproq minerallari zarrachalarining taxminan 3:1 nisbatdagi tabiiy aralashmasidan iborat mineraldir). Shixtaga domna pechlarining shlaklari va changlari, ko'mir yoki slanets kullari, pirit kuyundilari qo'shiladi.

Portlandsement ishlab chiqarish ikki usulda, quruq va ho'l usulda amalga oshiriladi. Ho'l usul keng tarqalgan va iqtisodiy jihatdan samarali va mahsuldorligi yuqori usuldir. Bu usulda shixta tarkibidagi eruvchi barcha moddalar maydalanib aralashiriladi, so'ngra sharchali maydalagichlarda suv ichida kukun holiga keltiriladi va suv bilan aralashib shlam – quyuq suspenziya hosil bo'ladi, shlam (tarkibida  $35\text{--}40\%$  suv saqlaydi) bir jinsli massa emas, shuning uchun u nasoslar yordamida katta

basseyni olinadi va u yerda siqilgan havo bilan yaxshilab aralashtiriladi, kimyoviy tarkibi aniqlanadi. Shundan keyin u yerdan aylanuvchi pechga, kuydirish uchun olinadi. Pech (83-rasm) uzunligi 185 m, diametri 5 m gacha bo'lgan po'lat baraban (1) dan iborat bo'lib, 2—5° qiya holda o'rnatilgan, shixta barabanning baland qismidan past qismiga o'zi oqib keladi, uning ichi shomot va xromomagnezitli g'isht bilan qoplangan.

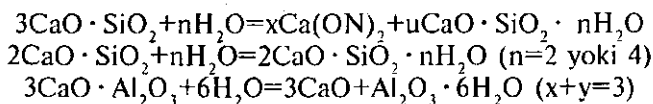


**83-rasm.** Sement klinkeri ishlab chiqarish uchun aylanuvchi barabanli pech: 1 — pechning po'lat korpusi; 2 — futerovkasi (o'tga chidamli qoplamasi); 3 — tayanch kamari; 4 — tishli g'ildirak; 5 — uzatma; 6 — ta'minlagich; 7 — sovitgich-rekuperatorlar; 8 — pech ichidagi klinker; 9 — klinkerni chiqarib turuvchi konveyer.

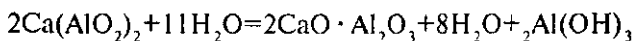
Barabanga po'lat halqalar — belbog'lar (2) kiygizilgan. Belbog'lar tayanch g'ildirakchalar (3)ga o'rnatilgan va ular hamda tishli gildirak (shesterna) (5) va elektromotor (4) yordamida baraban minutiga 0,5—1,2 marotaba aylanadi. Shlam ta'minlagich (6) yordamida uzluksiz pechga solinib turiladi va u yerda yoqilg'ining (ko'mir, gaz, suyuq yoqilg'ilar) yonishidan hosil bo'lgan va qarama-qarshi oqim prinsipida keladigan issiq gaz oqimida qiziydi. Eng avval (100—120° C da) shlamdan suv bug'lanib ketadi, so'ngra tuproq minerallari suv ajratib parchalanadi. U harakat qilib pastga tushgan sayin (650—1000° C da) ohaktosh parchalanib, CaO ning kukunini hosil qiladi, so'ngra 1200—1300° C da hosil bo'lgan kalsiy oksidi  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  lar bilan birikib, sun'iy minerallarga aylanadi. Kalsiy oksidi va kremiy oksididan ikki kalsiyli silikat (belit)  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  hosil bo'ladi, belit suyuqlanma holda bo'lib, kalsiy oksidi bilan birikib, qattiq holdagi uch kalsiyli silikatga  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  aylanadi. Shu bilan bir qatorda oz miqdorda uch kalsiyli aluminatning suyuqlanmasi —  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  va to'rt kalsiyli alyumoferritlar  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  (brounmillerit) hosil bo'ladi. Keyinchalik harorat 1450° C gacha ko'tarilgach belitlar suyuqlanib bir-biriga yopishib unchalik katta bo'lmagan bo'laklarga

— klinkerlarga aylanadi. Shixtaga 1 % gacha plavik shpatini qo'shish klinker hosil bo'lish jarayonini tezlashtiradi, yoqilg'i sarfini 5—7 % kamaytiradi, pech mahsulotdorligini o'rtacha 10 % oshiradi. Klinker pishirish zonasidan chiqqach sovitgich (7)ga o'tadi va u yerda yoqilg'ini yonishi uchun kiritilgan (qarama-qarshi oqimda) sovuq havo ta'sirida 50—200° C gacha soviydi. Sovigan klinker kimyoviy reaksiyalar to'liq tugashi uchun 2—4 haftagacha omborlarda saqlanadi. Bu davrda klinker ancha yumshoq bo'lib qoladi. So'ngra uni avval maydalagichlarda yanchiladi, keyin sharli maydalagichlarda kukun holga kelguncha, kattaligi 0,1 mm dan kichik bo'lguncha yaxshilab maydalanadi.

Maydalash jarayonida qotishini sekinlatish uchun unga 5% gacha gips toshlari qo'shiladi va qotish paytida ajralib chiqadigan kalsiy gidroksidini birlashtirib olish uchun (suvga chidamligi shunday yo'l bilan oshiriladi) esa 15% gidravlik qo'shimchalar (tabiiy kremnozyomning turli xillari) qo'shiladi. Pechning mahsulotdorligi 1800 t sutka yoki 650 ming t yilga teng. Sement suv bilan aralashtirib loy qilingach, ko'pi bilan 45 minutdan keyin qota boshlaydi va 12 soatdan keyin qotadi. Uning qotib toshga aylanish jarayoni uzoq vaqt davom etadi. Qotish hodisasi kimyosi rus olimlari akademiklar A.A.Baykov va P.A.Rebinderlar tomonidan o'rganilgan bo'lib, ularning nazariyasiga asosan sement minerallari gidratlanadi. Ular avval suvda qisman eriydi, sement zarrachalari yemiriladi, so'ngra suv bilan birikib, gidrosilikatlar va gidroaluminatlarga aylanadi:



Hosil bo'lgan mahsulotlar suvda yomon eruvchan bo'lganligi uchun, eritmadagi avval mayda kristalchalar yiriklashadi va bir-biri bilan mustahkam birikadi, yaxlit toshga aylanadi. Shlakli sementlarni bog'lovchi moddalar bilan domna pechlarining shlaklarini aralashtirib maydalash orqali olinadi. Shlak tarkibida asosan CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> turdagi oksidlar bo'ladi. Glinozyomli sementning asosiy tarkibiy qismi kalsiy metalaluminat Ca(AlO<sub>2</sub>)<sub>2</sub> dan iborat bo'ladi. U glinozyomga (boksitga) boy bo'lgan tabiiy materiallarga ohaktosh qo'shib kuydirish orqali olinadi. U tez qotadi, uning qotishi gidroliz va gidratlanish reaksiyalari natijasida amalga oshadi:



Glinozyomli sementdan tayyorlangan beton ko'l va dengizning sho'r suvlariga, ishqor eritmalariga chidamli bo'ladi, tez qotadi va juda mustahkam bo'ladi.

Sementning ishlatilish sohalari keng, ammo, asosan beton tayyorlash uchun ishlatiladi (sun'iy toshning bir turi). Beton tayyorlash uchun sementga to'ldiruvchilar qo'shib suv bilan aralastiriladi. Yirik to'ldiruvchilarga shag'al yoki sheben (granit, ohaktosh yoki g'isht) maydalari kiradi. Yaxshi to'ldiruvchilardan biri keramzitdir (keramzit oson suyuqlanuvchi tuproqni kuydirib olinadigan, (4) sm gacha kattalikdagi sharsimon g'ovak toshlar bo'lib, undan tayyorlanadigan beton mustahkam, yengil va issiqlikni kam o'tkazuvchan bo'ladi). Yirik to'ldiruvchilarning bo'laklari orasida mayda to'ldiruvchilarning (qum, ko'mir kuli kabilar) donalari joylashib, ular sement bilan bir butun bo'lib bog'lanadi va mustahkam sun'iy toshga aylanadi (1 qism sementga taxminan 3,5—4 qism yirik va 2—2,5 qism mayda to'ldiruvchilar aralastirilib 0,5—0,7 qism suv bilan loy qoriladi). Beton loyini aralastirish maxsus beton aralastirgich apparatlarida olib boriladi. Hosil bo'lgan loy qorishma taxta yoki metall qoliplariga (opalubkalarga) solinib shakl beriladi va qotishi uchun qoldiriladi, qotgandan so'ng qolip ajratib olinadi. Qotishini tezlashtirish uchun maxsus kameralarda bug' bilan ishlov beriladi. Betondan bloklar, yig'ma uylar uchun devorlar, to'g'onlar, yo'llar, basseynlar, quvurlar va boshqa qurilmalar quriladi.

Odatdagi beton katta zichlikka ega bo'lib ( $2500\text{kg/m}^3$ ) yengil va g'ovak to'ldiruvchilar qo'shilganda uning zichligi  $1200 - 1400\text{kg/m}^3$  gacha kamayishi mumkin, masalan, tufobeton, shlakobeton va boshqalar. Ayniqsa gazobeton va ko'pikbeton juda yengil, issiq va tovushni yomon o'tkazuvchan bo'ladi.

Gazobeton, sement xamiriga gaz hosil qiluvchi moddalar Al (vodorod ajratib chiqaradi),  $\text{H}_2\text{O}_2$  (kislorod ajratib chiqaradi) qo'shib tayyorlanadi.

Ko'pikbeton, sement xamiriga ko'pik hosil qiluvchi moddalar qo'shib olinadi. Chidamli beton olish uchun sement kalsiy xlor tuzining suvdagi eritmasida qoriladi. Tuz eritmasi sovuqqa chidamli bo'lib betonda muz zarralari hosil bo'lmaydi, sovuq paytlarda ham beton qilish imkoniyatini beradi. Sinishga, egilishga, tortilishga o'ta mustahkam beton bu temir betondir. Uni olish uchun sement xamiri orasida po'lat simlar va armaturalar qo'yiladi. Shifer tayyorlash uchun sement (10—20% massa bo'yicha) asbest aralastirib xamir qilinadi va asbestsmentli material (shifer, quvurlar, plitalar va hokazolar) yasaladi. O'zbekistonda sement ishlab chiqarish sohasiga katta hissa qo'shgan olimlardan biri T. Otaqo'ziyevdir. U oq rangli sementlar ishlab chiqarishda fosfor va fosforli o'g'itlar ishlab chiqarish korxonalaridan, fosfogipslardan foydalanish mumkinligini ko'rsatib berdi. T.Otaqo'ziyev yangi oq, tez qotuvchi sulfoaluminat silikatli sement olish va uni ishlab chiqarish texnologiyasini yaratdi. Bu sement fosfogips, kaolinitli tuproq va ohaktoshdan foydalanib olingan 400 markali oq portlandsementga

qaraganda 25—30% kam energiya tejab olinishi, sifatligi va ancha arzonga tushishi bilan diqqatga sazovordir. T. Otaqo'ziyev tomonidan sulfat saqlovchi sementning fizik-kimyoviy xossalari o'rganilib, uni past haroratda kam energiya sarflab olish texnologiyasi yaratilgan. Hozirgi paytda O'zbekistonda 4 million tonnadan ko'proq sement ishlab chiqarilmoqda. O'zbekiston 1970-yildayoq kishi boshiga hisoblaganda Turkiyaga nisbatan 20, Pokistonga nisbatan 35 marta ko'p sement ishlab chiqargan.

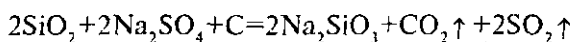
## 9.5. Shisha ishlab chiqarish texnologiyasi

Shisha eng qadimiy kimyoviy mahsulot (Misrda eramizdan 6 ming yil ilgari shisha ishlab chiqarilgan). Qovushqoqligi katta bo'lgan, o'ta sovutilgan suyuqlik deb qaraladigan materialdir. Shisha suyuqlanganda ham juda qovushqoq bo'lib, uning tarkibidagi zarrachalarning (kimyoviy moddalarning) erkin harakati juda qiyin bo'lganligi sababli to'g'ri normal kristall panjara hosil qila olmaydi.

Uning aniq suyuqlanish va qaynash harorati bo'lmaydi. Qizdirilganda u sekinlik bilan yumshaydi va so'ngra suyuqlanadi. Shishani tiniq, mexanik mustahkam, kimyoviy agressiv reagentlarga chidamli, elektr tokini o'tkazmaydi. Issiqlikni kam o'tkazadi. Mana shu ajoyib xossalar borligidan keng ko'lamda ishlatiladi. Ammo u mo'rt bo'ladi. Bu kamchiligi unga termik ishlov berish yo'li bilan kamaytiriladi. Shisha tarkibiga asosan 3 xil turdagi oksidlar: ishqoriy, ishqoriy yer va kislotali oksidlar kiradi. Shishani quyidagi umumiy formula bilan ifodalash mumkin:  $nR_2O \cdot mRO_2(R_2O_3)$ . Koeffitsientlar o'zgaruvchan qiymatlardir. Bunda  $R_2O$  — ishqoriy metallarning oksidlari:  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $Li_2O$  va boshqalar,  $RO$  — ishqoriy yer va oraliq metallarining oksidlari:  $CaO$ ,  $VaO$ ,  $PbO$ ,  $SrO$ ,  $ZnO$ ,  $FeO$ ,  $MnO$  va boshqalar,  $RO_2$  ( $R_2O_3$ ) — kislotali oksidlari:  $SiO_2$ ,  $V_2O_5$ ,  $Al_2O_3$  va boshqalar ( $SiO_2$  ning miqdori 70—75 % dan kam bo'lmaydi, ba'zan  $SiO_2$  ni qisman  $B_2O_3$  bilan almashtiriladi,  $Al_2O_3$  esa 1—4 % dan oshmaydi). Shishaning xossalari uning tarkibiga kiruvchi oksidlarning sifatii va miqdoriy tarkibiga bog'liq bo'ladi. Kislotali oksidlar shishaga mexanik, termik va kimyoviy mustahkamlik beradi. Ishqoriy metall oksidlari shishaning qovushqoqligi, mexanik kimyoviy mustahkamligini kamaytiradi. Aksincha ishqoriy yer metallari esa kimyoviy chidamliligini va qovushqoqligini oshiradi. Tarkibida faqat  $Na_2O$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $SiO_2$  oksidlarni saqlovchi shisha keng miqyosda qo'llaniladi.  $Na_2O$  ning o'rniga  $K_2O$  va  $CaO$  hamda  $MgO$  o'rniga  $PbO$  ishlatilsa tiniqligi, yaltiroqligi, nurni burish xossasi ortadi. Bunday shishalar qatoriga billur, xrustal va optik shishalar

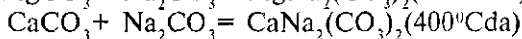
kiradi. Kimyoviy idishlar tayyorlash uchun ishlatiladigan shisha olishda ishqoriy metallar oksidlarining miqdori kamaytiriladi va  $\text{SiO}_2$  ni qisman  $\text{B}_2\text{O}_3$  hamda  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bilan almashtiriladi. Bunda shishaning kimyoviy va termik mustahkamligi ortadi. Shisha pishirish uchun asosiy xomashyo bu kvarts qumi, ohaktosh yoki bo'r, soda yoki suvsiz natriy sulfat, potash, kaolin, magnezit, dolomit, glyot ( $\text{PbO}$ ), bor kislotasi yoki bura va boshqalar bo'lib, ularga shisha hosil qiluvchilar deyiladi.

Qo'shimcha xomashyo esa shisha massasini, xossasini o'zgartiruvchi moddalar bo'lib, ularga rangsizlantirgichlar (oqartirgichlar), masalan, natriyli selitra, ba'zan ammoniy tuzlar, mishyak(III)oksidi (0,5 — 1%gacha) kabilar kiradi. Shisha xomashyosining asosiy komponenti soda bo'lib, u natriy sulfatga nisbatan o'zining ko'pgina texnik ustunliklariga ega. Masalan, soda  $851^\circ\text{C}$ da suyuqlansa, natriy sulfat esa  $885^\circ\text{C}$ da suyuqlanadi, bundan tashqari soda suyuqlanishi bilanoq  $\text{SiO}_2$  bilan birikib  $\text{CO}_2$  ajratib chiqaradi. Natriy sulfat esa parchalanmay suyuqlanadi va  $1200^\circ\text{C}$  dagina parchalanadi. Demak, ko'p energiya sarflanadi, yana soda tarkibida 58,5%  $\text{Na}_2\text{O}$  bo'lsa  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  tarkibida esa 43,6%  $\text{Na}_2\text{O}$  bor, demak,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ko'proq miqdorda talab qilinadi. Agar soda o'rniga  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ishlatilsa, unga ko'mir ham qo'shish kerak bo'ladi. Bunda natriy silikat quyidagi tenglamaga muvofiq hosil bo'ladi:

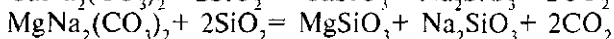
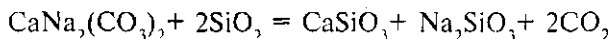


Rangli shishalar olish uchun shixtaga turli bo'yoqlar (turli metall oksidlari, ular shishada eriydi) qo'shiladi. Masalan, temir oksidi shishani sariq-yashil rangga bo'yaydi,  $\text{MnO}_2$  — binafsha,  $\text{MnO}$  — och sariq yoki qizil, nikel oksidi — qizil-qo'ng'ir, kaliy oksidi — binafsha, kobalt oksidi — ko'k ranglarga bo'yaydi. Bulardan tashqari shixtaga 25—30 %gacha shisha siniqlari qo'shiladi. Tiniq bo'lmagan oq-sutsimon shishalarni olish uchun shixtaga so'ndiruvchilar, masalan; qalay oksidi, kalsiy fosfat, kriolit, talk, surma va fluor birikmalari qo'shiladi. Bunda ular shisha suyuqlanganda unga erib o'tadi, qotayotganda esa mayda kristallchalar shaklida ajralib chiqadi. Xomashyo quritiladi, maydalanadi, kukun holiga keltiriladi va elanadi. Qum tarkibidagi tuproq zarralari va temir oksidlarini yo'qotish uchun yuviladi. Shishaning tarkibidagi moddalarning hammasi qo'shilib, yaxshilab aralashtiriladi. Tayyor shixta vannasimon pechlarga solinib pishiriladi. Shishani pishirish deb bir jinli shisha massasi hosil bo'lguncha shixtani suyuqlantirish jarayoniga aytiladi. Shishani pishirganda murakkab fizik-kimyoviy jarayonlar boradi. Shixta qizdirilganda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$  va  $\text{SiO}_2$  lardan) qisman qo'sh tuzlar hosil bo'ladi:



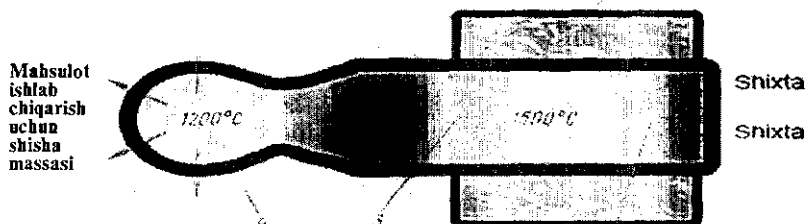


ular so'ngra  $\text{SiO}_2$  bilan reaksiyaga kirishadi:



Dastlabki karbonatlar  $\text{SiO}_2$  bilan ham bevosita reaksiyaga kirishib, silikatlarni hosil qiladilar.  $750\text{--}900^\circ\text{C}$  haroratda suyuq faza hosil bo'ladi, natijada silikatlar hosil bo'lishi tezlashadi. Haroratning ko'tarilishi bilan reaksiyaga kirishmagan ohaktosh parchalanib, hosil bo'lgan kalsiy oksidi reaksiyaga kirishmagan soda,  $\text{SiO}_2$  bilan birikib silikatlarga aylanadi, reaksiyaga kirishmay ortib qolgan  $\text{SiO}_2$  silikatlar suyuqlanmasida asta-sekin eriydi. Shixtaga ozgina  $\text{CaF}_2$  plavik shpat qo'shish suyuqlanishini ancha tezlashtiradi, kimyoviy reaksiyalar tugagach suyuqlangan shisha massasini hali bir jinsli deb bo'lmaydi, u tarkibida havo,  $\text{CO}_2$  va boshqa gaz pufaklarini saqlaydi. Yanada qizdirilgach harorat  $1200$  dan  $1500^\circ\text{C}$  gacha ko'tarilgandan keyin shisha massasining qovushqoqligi kamayib, oquvchan bo'lib qoladi, diffuziya tufayli tarkibi gomogenlashadi va gazlar chiqib ketadi.

Shisha maxsus uzluksiz ishlovchi vanna pechlarida pishiriladi (84- rasm).



**84-rasm.** Vannasimon shisha pishirish sxemasi:

1 — pishirish basseyni; 2 — pishish zonasi; 3 — oqarish zonasi; 4 — shisha buyum tayyorlash basseyni; 5 — regeneratorlarga olib boruvchi kanallar.

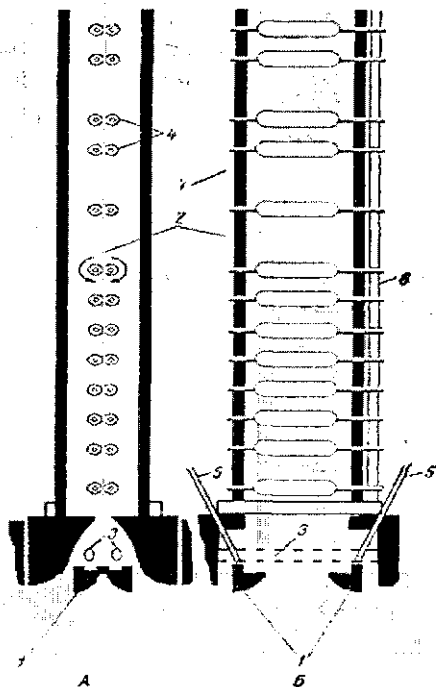
Pechning asosiy qismi to'g'ri burchakli gorizontol holda o'rnatilgan basseyn (1) bo'lib, uzunligi 40 metr, eni 10m va balandligi 1,5 m tepasi gumbas shaklida qoplangan bo'lib dinas plitalardan qilingan, basseyn devorlari esa sirkoniylil korunddan qilingan to'rt burchakli toshlar bilan qoplanadi. Shisha pishirish pechlarl, ichida olov yoqiladigan pechlarga kiradi. Xomashyo ham, suyuq shisha ham ustki qismidan yonuvchi gaz alangasida qizdiriladi. Hosil bo'lgan issiq

gazlar regeneratrlar orqali chiqadi va unga o'z issiqligini beradi. Gazni yoqish uchun kiritiladigan havo esa regeneratrlar orqali qizib o'tadi (regeneratrlar 2 ta bo'lib, biridan issiq gaz o'tayotgan bo'lsa, ikkinchisidan sovuq havo o'tayotgan bo'ladi). Shixta pechining oldi qismidan pishirish zonasini (2)ga uzluksiz yoki davriy ravishda solinib turiladi. Shisha massasi pechning tiniqlashtirish zonasini (3)ga o'zi oqib o'tadi (harorat 1500° C). So'ngra shisha massasi oqib tayyorlash zonasiga boradi, u yerda 1200° Cgacha soviydi, natijada uning qovushqoqligi ortadi. U yerdan turli buyumlar tayyorlash uchun olinadi. Vannali pechlarning mahsuldorligi 300 t sutkaga teng.

Deraza shisha, shisha listlari va shisha idishlari tayyorlash uchun elektr toki bilan qizdiriladigan pechlar ham qo'llaniladi. Optik shishalarni olishda shomlotdan yasalgan tuvaksimon pechlardan foydalaniladi.

Shisha buyumlariga shakl berish uchun turli usullar: cho'zish, prokatlash, puflash, presslash, quyish va boshqalar qo'llaniladi. Shisha suyuqlanmasi sovitilganda uning qovushqoqligi sekinlik bilan ortadi, bu xossasi esa unga shakl berishni osonlashtiradi.

Shisha sanoatining mahsuloti deraza shishasi, shisha suyuqlanmasining ustki qismidan, qayiqcha usulida mashina yordamida shisha listlarini cho'zib tortish orqali olinadi. Bunda o'tga chidamli materialdan yasalgan qayiqcha (qayiqchani o'rtasida, uzunasiga kesilgan uzun teshik bo'lib, undan shisha suyuqlanmasi chiqadi) shisha suyuqlanmasining ustiga



85-rasm. Shisha listini shisha suyuqlanmasidan cho'zib tayyorlash.

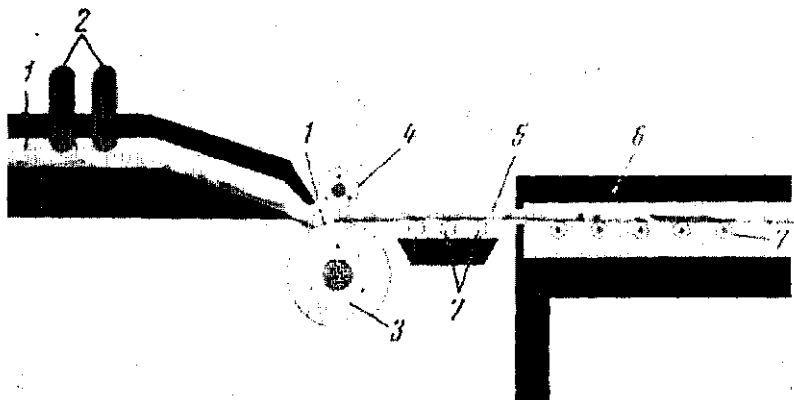
A — qayiqcha teshigiga perpendikular yo'nalishidagi kesimi; B — qayiqcha teshigi yo'nalishi bo'yicha kesimi.

1 — qayiqcha; 2 — shisha lentasi; 3 — sovitgich; 4 — asbestlangan valiklar kichik yoyish asbobi; 5 — bosuvchi moslama; 6 — valiklarni harakatga keltiruvchi o'q (val).

qo'yiladi, qayiqcha maxsus qisuvchi moslama yordamida shunday o'rnatiladiki, bunda qayiqcha teshigining ustki qismi shisha suv sathidan past bo'ladi. Natijada teshikdan shisha massasi oqib chiqadi va u mashinaning temir romi yordamida yuqoriga cho'zib tortiladi (85-rasm).

Qayiqcha lga yaqin joyda tortiladigan shisha listining (2) tomonida sovitgich (3) o'rnatilgan bo'lib, shishani sovitadi. Mashinaning balandligi 5,5 m, 13 juft val (4) o'rnatilgan. Vallar asbest bilan qoplangan, ularning orasida shisha listi bo'lib, ikki tomonidan vallar aylanib, uni yuqoriga ko'taradi. Vallarni umumiy vertikal vallar konussimon tishli g'ildirak yordamida harakatga keltiradi. U elektromotorga ulangan bo'lib, shisha listining harakat tezligi 120m/s gacha bo'ladi. Olingan shisha mashinaning yuqori qismiga chiqqach qirqib olinadi, uning qalinligi 2 — 6 mm. Ammo qayiqcha usulida olingan shishalar ko'pincha nuqsonli bo'ladi. To'lqinsimon shaklidagi yoki yuzasida chiziqlari bo'lgan shishalar olinadi. Qayiqchasiz usulda nuqsonsiz, sifatl shisha olinadi, bu usulda suyuqlanmasi olinadigan joyga maxsus o'tga chidamli panjara o'rnatiladi, suyuqlanmaga tushiriladi va panjara oralaridan oqib chiqqan shisha suyuqlanmasi bir tekisda tortiladi. Bunda ham qayiqcha usulda qo'llaniladigan mashina ishlatiladi.

Muhim shisha mahsulotlardan biri shisha tolasidir. U shisha to'qimalar, shisha paxta va boshqa narsalar uchun ishlatiladi. Shisha tolasini olish uchun elektr pechlarida tayyorlangan shisha suyuqlanmasi pechning maxsus joyda teshikchalari (teshikchalarning kattaligi 1—3 mm bo'ladi) orqali oqib o'siga tushadi, cho'ziladi va qotib (2—30 mkm qalinlikdagi) shisha tolariga aylanadi.



**86-rasm.** Uzlüksiz prokatlash orqali sayqallangan shisha listini tayyorlash sxemasi: 1 — shisha massa; 2 — to'siq (qopqoq); 3,4 — valiklar; 5 — shisha lenta; 6 — yumshatish pechi; 7 — shisha lentani harakatlantirish uchun g'ildiraklar.

Sayqallangan shisha olish uchun (86-rasm) shisha suyuqlanmasi shomotli kuygich orqali ichi bo'shliqdan iborat bo'lgan va ichki tomonidan suv bilan sovitiladigan, metallardan yasalgan 3 va 4 vallar oralig'idagi bo'shliqqa tushadi, vallar aylanib turadi (ikkalasi bir tomonga aylanadi) va shishani lenta ko'rinishida tortadi.

Valdan chiqqan shisha lenta (5) yumshatish uchun maxsus tunnel pechiga boradi (tunnel pechi — yer ostida qurilgan pech). Olingan shisha listlari pardozlanib silliqlangach (sayqal berilgach) oyna tayyorlash uchun, avtomobillar kabinasiga va vitrinalarga o'rnatish uchun ishlatiladi. Olingan shisha listlarini qizdirib, tez sovitish orqali toblangan, chiniqtirilgan shishalar olinadi. Ular xavfsiz shisha bo'lib, avtomobil va samolyotlarning kabinalariga o'rnatiladi. Puflash usulida tara va kimyoviy shisha idishlar olinadi. Hozirgi paytda puflash, siqilgan havo bilan mashinalar yordamida amalga oshiriladi. Presslash usulida turli buyumlar: bankalar, stakanlar, izolatorlar olinadi, munchoqlar, tugmalar va boshqalar tayyorlanadi. Bunda cho'yandan yasalgan presslash qoliplariga shisha suyuqlanmasi quyilib, uning ustidan bosuvchi kern bilan bosiladi, natijada qolip bilan kern oralig'ida shisha, qolip shaklini egallaydi, bir tekisda taqsimlanadi. Quyish usulida po'lat qolipga (biror-bir buyum shakliga) shisha suyuqlanmasini quyish yo'li bilan buyum tayyorlanadi. Bu usulda turli xildagi arxitektor-qurilish va san'at buyumlari hamda optik asboblardan uchun shishalar olinadi.

Ayniqsa ko'pik shishada ajoyib foydali xossalar mujassamlangan material olish mumkin, u g'ovak-g'ovak tuzilgan bo'lib, ajoyib issiqlik va tovush o'tkazmaslik xossalari ega. Uning zichligi  $100-700 \text{ kg/m}^3$ , mexanik jihatdan juda mustahkam, uni shisha kukuni va 3% gacha gaz hosil qiluvchi moddalar (koks, qurum va boshqalar) aralashmasini  $700-900^\circ \text{C}$  da o'tga chidamli po'lat qoliplarga solib pishirish orqali olinadi.

Yangi material sifatida katta ahamiyat kasb etayotgan shisha bu sitallidir. (silikat va «kristall» so'zlaridan olingan, Amerikada u «Pirokeram» deb ataladi). Sitallar,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  va  $\text{SiO}_2$  lar asosida tayyorlangan shisha massasiga qo'r sifatida ozroq  $\text{TiO}_2$  qo'shib tayyorlanadi, so'ngra u  $700-1000^\circ \text{C}$  haroratda uzoq muddat qizdiriladi. Shunda 15—45 % shisha amorf holda qoladi, qolgan kristall holatda bo'ladi. Mexanik mustahkamligi jihatdan sitallar hatto po'latdan ham ustun turadi. Ularning kengayish koeffitsienti taxminan nolga teng,  $1000^\circ \text{C}$  gacha haroratning o'zgarishiga chidamli. Shlakostallar domna shlaklari 35 % gacha, kvarts qumi 2—4 % va qo'r (temir, rux yoki marganets sulfatlar) qo'shib tayyorlanadi. Undan uylarning yemirilishga chidamli pollar, zinalar, deraza tokchalari tayyorlanadi. Hozirgi vaqtda respublikamizda Chirchiq, Quvasoy shisha zavodlari ishlab turibdi.

## X bob. ELEKTROKIMYOVIY JARAYONLAR

### 10.1. Elektrokimyoviy ishlab chiqarish

Elektrokimyo elektr energiyasi, qabul qilish yoki chiqarish bilan boradigan kimyoviy reaksiyalarni o'rganadigan kimyoning bir bo'limidir. Bunday jarayonlar elektrkimyoviy jarayonlar deyiladi.

Elektrokimyoviy reaksiyalarda kimyoviy energiya elektr energiyasiga va aksincha elektr energiyasi kimyoviy energiyaga aylanadi (elektr va kimyoviy hodisalarning bir-biriga bog'liqlig'i haqidagi tasavvurlar XVIII asr oxirlari va XIX asr boshlarida paydo bo'ldi. Elektr haqidagi ta'limotning asoschilari Italiya fizigi Volta (1793 — 1801), shved olimlari Berselius (1802), Arrenius (1887), Angliya olimlari Devi (1807), Faradey (1833) va boshqalar hisoblanadi. Elektrokimyoviy ishlab chiqarish jarayoni elektroliz hodisalariga asoslangan. Eritma va suyuqlanmalarni elektrolizi sanoatning ko'pgina tarmoqlarida, texnika va turmushda keng qo'llaniladi. Suvli eritmalarni elektroliz qilish yo'li bilan ko'pgina anorganik mahsulotlar: xlor, brom, yod, vodorod, kislorod, natriy va kaliy gidroksidlari, gipoxloritlar, xloratlar, permanganat, persulfid, vodorod peroksid va boshqalar olinadi. Elektrokimyoviy jarayonlar ba'zi organik moddalarni ishlab chiqarishda ham qo'llanildi.

Masalan, spirtlardan, anodli oksidlash yo'li bilan aldegid va ketonlar olinadi, funksional guruhlarining elektrkimyoviy qaytarish yo'li bilan nitrobenzoldan benzdin olinadi. Suvli eritmalarni elektroliz qilib ko'pgina rangli metallar: mis, vismut, sur'ma, qalay, qo'rg'oshin, nikel, kobalt, kadmiy, rux olinadi va tozalanadi. Suyuqlanmalarni elektroliz qilib, ko'pgina yengil, oson suyuqlanadigan va nodir metallar qotishmalari olinadi; metallar tozalanadi. Aluminiy, natriy, kaliy, litiy, magniy kabi metallar faqatgina elektrkimyoviy usulda olinadi.

Avtomobil sanoatida, mashinasozlik va boshqa qator sohalarda metallar sirtini elektrkimyoviy qoplash usulidan keng foydalaniladi. Galvanoplastika orqali buyumlarning aniq metall nusxalari olinadi. Nashriyotlarda klishealar matritsasi, bosma radiotexnik sxemalar tayyorlanadi. Po'latni elektrkimyoviy silliqlash, aluminiy va magniyni ohorlash ishlari ham elektroliz yordamida bajariladi. Nikellash, xromlash, oltin, kumush bilan buyumlar sirtini qoplash kabi bir qator muhim ishlar amalga oshiriladi. Bular metallarning korroziyasiga chidamliligini oshiradi, qattiqligi va yemirilishga chidamliligini oshiradi, ko'rinishini chiroyli qiladi. Turli akkumulatorlar ishlab chiqarish ham kimyoviy energiyani elektr energiyasiga aylantirishga asoslangan. Elektrokimyoning tez sur'atlarda o'sib, taraqqiy etib borishi va undan

sanoatning turli tarmoqlarida foydalanishning kengayib borishi boshqa usuldan, masalan, sof kimyoviy usuldan ancha afzalligi bilan izohlanadi. Elektrolizni qo'llash ishlab chiqarish jarayonlarida turli uskuna va jihozlar sonini qisqartirish imkonini beradi. Bunda arzon xomashyodan to'liq foydalanish, juda toza, sifatli mahsulot olish imkoniyati tug'iladi. Elektrkimyoviy usulning asosiy kamchiligi, elektr tokni ko'p sarflashidir. Shuning uchun ham bu sohada elektr energiyasini tejashga e'tibor qaratilmog'i lozim.

## **10.2. Suvli eritmalar va suyuqlanmalar elektrolizining nazariy asoslari**

Elektroliz deb, elektrolit eritmasidan o'zgarmas elektr toki o'tganda sodir bo'ladigan oksidlanish-qaytarilish reaksiyasiga aytiladi. Bunda elektrolitlar parchalanib elektrodlarda mahsulotga aylanadi. Elektrodlarda elektr tokining paydo bo'lishi bilan (tok manbaiga ulangach) elektrolitlar parchalanib, kation va anionlar hosil qiladi. Kationlar katodga (elektronlar manbayiga), anionlar esa anodga harakat qiladi. Kationlar katodga borgach elektron olib, anionlar esa anodga kelgach elektron berib zaryadsizlanadilar. Natijada elektrodlarda gazsimon, suyuq yoki qattiq neytral moddalar hosil bo'ladi. Bunda elektrolitning ionlarga ajramay qolgan boshqa molekulari ham dissotsiyalanadi. Natijada ionlarning zaryadsizlanishidan buzilgan muvozanat qayta tiklanadi. Agar anod elektrolitda eriydigan metallardan yasalgan bo'lsa, u holda anodning erib eritmaga o'tishi hisobiga muvozanat tiklanadi (metall ionlari — kationlar hosil bo'lishi hisobiga). Elektrolitlarda odatda turli xil ionlar bo'ladi. Ulardan qaysi birining elektrod potentsiali kichik bo'lsa o'sha ion birinchi bo'lib zaryadsizlanadi. Ionlarning ketma-ket navbat bilan zaryadsizlanishi fizik-kimyoviy qonunlar asosida aniqlanadi.

Amaliyotda elektroliz mahsulotlarining elektrodlarda ajralish tartibi, nafaqat normal elektrod potentsiallarining qiymati bilan, balki elektrolizni o'tkazish sharoitlariga: elektrodning qanday materialdan qilinganligiga, elektrolit konsentratsiyasiga, aralastirishning intensivligiga, muhit harorati va boshqalarga bog'liq bo'ladi. Texnologik sharoitni tanlash bilan elektrolizda ionlarning zaryadsizlanish tartibini o'zgartirish mumkin. Masalan, ba'zi elektrodlarda ionlar zaryadsizlanishining ketma-ketligini o'ta kuchlanish hodisasidan foydalanish orqali boshqarish mumkin.

Yengil metallar (litiy, kaliy, natriy, magniy, aluminiy) va ba'zi og'ir metallarni (xrom, tantal, qo'rg'oshin) birikmalarining suvdagi eritmalarini elektroliz qilish yo'li bilan metall olib bo'lmaydi, chunki ularning elektrod

potensiallari vodorodga nisbatan manfiyroqdir, shuning uchun ham elektrodalarda metall emas, balki faqat vodorod ajralib chiqadi. Bunday metallarni faqat ular birikmalarini (tuzlari, oksidlari yoki gidroksidlari) suyuqlanmalarini elektroliz qilish yo'li bilan olish mumkin (chunki suyuqlanmada vodorod ioni bo'lmaydi). Suyuqlanmalar elektrolizi ham eritma elektrolizi qonunlariga asoslanadi, ammo ayrim o'ziga xos tomonlari bilan farq qiladi (masalan, bunda harorat yuqori — 1400° C gacha bo'ladi, erituvchi ionlari bo'lmaydi).

Elektroliz nazariyasi Faradey qonuniga asoslangan (1833-yil) va bu qonun bo'yicha elektroliz vaqtida elektrodalarda ajralib chiqqan moddaning miqdori, eritmadan o'tgan elektr miqdoriga to'g'ri proporsionaldir (1-qonuni). Bir nechta elektrolit eritmasi orqali teng miqdorlarda elektr o'tkazilganda elektrodalarda ajralib chiqadigan moddalarning og'irlik miqdorlari ayni moddalarning kimyoviy ekvivalentiga proporsional bo'ladi (2-qonuni).

Faradeyning ikkinchi qonuniga ko'ra har qanday moddaning bir ekvivalentini ajratib chiqarish uchun teng miqdor elektr talab qilinada va bu elektr miqdori Faradey soni deyilib, u 96500 kulonga teng. Elektrolizning asosiy texnologik ko'rsatkichi va elektr energiyasidan ratsional foydalanish kategoriyasi quyidagichadir: tok bo'yicha unum, energiyadan foydalanish darajasi, energiya bo'yicha sarfiyot ko'effitsiyenti, elektrolizga berilgan kuchlanish va boshqlardir.

Tok bo'yicha unum  $\eta$  (%) ushbu formula asosida topiladi:

$$\eta = \frac{G_a}{G_t} \quad (10.1)$$

Bunda:  $G_a$  — elektroliz natijasida amalda olingan mahsulot massasi,  $G_n$  — Faradey qonuni bo'yicha nazariy olinishi mumkin bo'lgan mahsulot miqdori (massasi). Mahsulotning nazariy massasi Faradeyning ikkala qonunini birlashtiruvchi formula asosida hisoblab topiladi.

$$G_t = \frac{I \cdot \tau \cdot A}{n \cdot F} = J \cdot \tau \cdot E$$

$$\text{yoki } m = \frac{I \cdot \tau}{F} \quad (10.2)$$

Bunda:  $j$  — tok kuchi (Amper);  $\tau$  — elektroliz vaqti (soat);  $A$  — ionning massasi yoki atom massa;  $n$  — ion zaryadi;  $F$  — Faradey soni;  $E$  — moddaning elektrkimyoviy ekvivalenti, yoki  $G_n = K \cdot Q$  formula shaklida yozish mumkin. Bunda:  $K$  — moddaning elektrkimyoviy ekvivalenti (uni topish uchun

$K = \frac{E}{F}$  formuladan foydalaniladi);  $Q$  — tok miqdori (uni topish uchun  $Q = J \cdot \tau$  formuladan foydalaniladi).

Energiyadan foydalanish darajasi,  $M$  (%), bu ayni miqdordagi moddani ajralib chiqishi uchun kerak bo'ladigan nazariy energiya miqdorining —  $Q_n$  ning amalda sarflangan faktik energiya miqdoriga —  $Q_a$  ga bo'lgan nisbati:

$$\mu = \frac{Q_n}{Q_a} \cdot 100 \quad (10.3)$$

elektroenergiyaning nazariy miqdorini (KVt / · g):

$$Q_n = V_n \cdot J \cdot \tau = V_n \cdot A \quad (10.4)$$

formula orqali hisoblab topiladi. Bunda:  $V_n$  — elektrolit parchalanishining nazariy kuchlanishi (Volt),  $A$  — elektr miqdori (Kl).

Elektrodlarda nazariy kuchlanish anod  $\varphi_{an}$ , va katodning  $\varphi_k$  muvozanat elektrod potentsiallari orqali hisoblab topiladi.

$$V_n = \varphi_{an} - \varphi_k \quad (10.5).$$

Muvozanatdagi elektrod potentsiallarining qiymatlari Nernst formulasi bo'yicha topiladi. Ularning qiymatlari spravochniklarda berilgan. Elektrolizyordalarda nazariy kuchlanish,

$$V_n = \frac{\Delta G_{298}}{nF} \quad (10.6)$$

formuladan foydalanib ham topiladi. Bu yerda:  $\Delta G_{298}$  — reaksiyaning erkin energiyasining o'zgarishi, j/mol. Energiyaning faktik sarfi  $W_f$  elektroliz vannasiga berilgan kuchlanishga bog'liq bo'ladi. U har doim elektrodlarning qutblanishi sababli hamda Om birligidagi elektrolit, elektrodlar diafragmalari, tok beruvchilar (uzatuvchilar) va boshqalarning qarshiligi sababli nazariysidan ko'p bo'ladi. Faktik energiya sarfi  $Q_a$  ni hisoblash uchun 10.3 formuladan, energiyani foydalanish darajasi  $M$  orqali quyidagi formula bo'yicha topiladi:

$$\mu = \frac{V_n}{V_f} \cdot \eta \quad (3.10)$$

Bu yerda:  $V_f$  — amaldagi kuchlanishdir.

Formuladan kelib chiqadigan xulosa shundan iboratki, qanchalik tok bo'yicha unum ko'p va elektrolizyordagi amaliy kuchlanish kam bo'lsa, energiyadan foydalanish darajasi shunchalik katta bo'ladi.

Sanoatda eritmalar elektrolizida turli ishlab chiqarishlarda tok bo'yicha unum 60—90% dan va energiyadan foydalanish darajasi 50—60% dan oshmaydi. Suyuqlanmalar elektrolizida esa tok bo'yicha unum 70—80 % ni tashkil etsa, energiyadan foydalanish darajasi eritma elektrolizidan ancha past bo'ladi. Masalan,  $Al_2O_3$  va kriolit suyuqlanmasi elektrolizining energiyadan foydalanish darajasi 30 % dan oshmaydi. Umuman olganda elektrkimyoviy ishlab chiqarish energiyadan foydalanish darajasining kamligi



bilan va demak, elektroliz mahsulotlarining, ayniqsa metallarning tannarxini yuqoriligi bilan xarakterlanadi.

### 10.3. Natriy xlor eritmasining elektrolizi

Natriy xlor (osh tuzi) nisbatan arzon xomashyo bo'lganligi hamda uni elektrolizdan uchta (xlor, natriy gidroksidi va vodorod) muhim sanoat mahsuloti olinishi sababli, shu bilan bir qatorda elektroliz jarayonining soddaligi tufayli uning eritmasini elektrolizi iqtisodiy jihatdan ancha samarali usul hisoblanadi.

Osh tuzi elektrolizi mahsuloti — xlor normal sharoitda gaz,  $-34,1^{\circ}\text{C}$  da suyuqlanadi,  $-101,6^{\circ}\text{C}$  da muzlaydi, sariq-yashil rangli zaharli gaz. Xlor: xlororganik birikmalar, erituvchilar, kauchuk, kimyoviy tola, zaharli kimyoviy birikmalar va boshqalar olishda, metallurgiya (rudalarni xlorlab kuydirishda), to'qimachilik, selluloza, qog'oz sanoatlarida (oqartirish va tozalash uchun), ichimlik va oqava suvlarini tozalash va mikroorganizmlardan zararsizlantirish va boshqalarda juda keng qo'llaniladi.

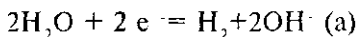
Elektrolizning ikkinchi mahsuloti natriy gidroksidi bo'lib, muhimligi jihatidan asosiy mahsulotdan (xlordan) qolishmaydi. Natriy gidroksidi qattiq, oq rangli, suvda yaxshi eriydi,  $328^{\circ}\text{C}$  da suyuqlanadi. Natriy gidroksidi organik sintezda, sun'iy tola ishlab chiqarishda, selluloza va qog'oz olishda, sovun va aluminiy ishlab chiqarishda, neftni qayta ishlash sanoatida keng ko'lamda ishlatiladi.

Elektroliz qilish uchun osh tuzining to'yingan eritmasi (305—310 g/l) sho'robadan foydalaniladi. Elektroliz ikki xil uskunada — qattiq po'lat diafragmalı yoki diafragmasiz suyuq simob katodli uskunalarda (elektrolizyorlarda) olib boriladi. Har ikkala holda ham uglerodli (grafitli) anod yoki sirti ruteniy oksidi bilan qoplangan titanli anod ishlatiladi. Bu ikkala usul katod bo'shlig'ida boradigan jarayonlar bilan bir-biridan farq qiladi. Elektroliz paytida qo'shimcha reaksiyalar ketishini oldini olish hamda elektroliz mahsulotlarini ajralishi uchun qattiq katodli elektrolizyorlarda anod va katod fazasi bir-biridan g'ovakli diafragma bilan ajratilgan bo'ladi.

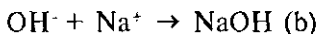
#### Osh tuzi eritmasining qattiq katodli elektrolizyordagi elektrolizi

Osh tuzining suvdagi to'yingan eritmasidan doimiy tok o'tkazilganda ionlarning zaryadsizlanib ajralib chiqish tartibi elektrod potentsiallarining kattaligi va bir-biriga bo'lgan nisbati bilan aniqlanadi. Natriy ionlarining po'lat katodlarida qaytarilishi (zaryadsizlanishi) mumkin emas, chunki bu jarayonning potentsiali katta manfiy qiymatga — 2,71 V ga teng. Shuning uchun katodda muvozanat potentsiali kichik manfiy qiymatga ega bo'lgan

vodorod ajralib chiqadi (vodorodning NaCl ning suvdagi to'yingan eritmasida muvozanat potensial qiymati  $-0,415$  V ga teng):



Katod bo'shlig'ida qolgan gidroksid ionlari natriy ionlari bilan birikib natriy gidroksidini hosil qiladi:



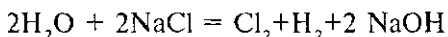
Anodda esa xlor ajraladi:



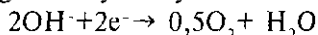
Xlorning to'yingan eritmada muvozanat potentsiali gidroksid ionnikidan katta:

$$\varphi \text{O}_2 (\text{OH}) = 0,82\text{V}; \varphi \text{Cl}_2 = 1,32 \text{ V}$$

Shuning uchun ko'mir-graftitli yoki ruteniy oksidi bilan qoplangan anodlarda OH — ioni katta o'ta kuchlanish bilan zaryadsizlanadi, shuning uchun ham anodda gaz holda xlor ajraladi. Natriy xlor suvli eritmasining elektrolizini umumiy holda quyidagicha yozish mumkin:



Asosiy reaksiyalar bilan bir qatorda qo'shimcha reaksiya ham ketadi. Ya'ni anod bo'shlig'ida quyidagi reaksiya bo'yicha kislorod ajralib chiqadi:



Kislorod, uglerodli elektrod bilan ta'sirlashib  $\text{CO}_2$  ga aylanadi. Anod bo'shlig'ida, xlorning suvda erishidan ikkilamchi reaksiyalar borib gipo xlorit ( $\text{NaClO}$ ) va xlorat ( $\text{NaClO}_3$ ) hamda natriy xlorid va nitroxloridlar hosil bo'ladi. Barcha bu qo'shimcha reaksiyalarning tok bo'yicha asosiy mahsulotlar unumini hamda energiyadan foydalanish darajasini kamaytiradi.

87-rasmda uzluksiz ishlovchi, vertikal filtrlovchi diafragma elektrolizyor (vanna) sxemasi berilgan.

Vannaning korpusi asbetdan tayyorlangan filtrlovchi diafragma bilan katod va anod bo'shliqlariga ajratilgan. Diafragma perforatsiyalangan (ko'p teshiklar qilingan) po'lat katodga yopishtirib qo'yiladi. Anod bo'shlig'ida esa grafitdan yasalgan anod o'rnatiladi.

Tozalangan sho'roba (rassol) anod bo'shliqqa solinadi. Hidrostatik bosim tufayli u diafragmadan va katoddan filtrlanib o'tadi. Elektr toki o'tgach katodda vodorod ajralib vannadan chiqadi, anoddan esa xlor ajratib olinadi. Katod bo'shliqda natriy gidroksidi hosil bo'lib vannadan uzluksiz chiqarib

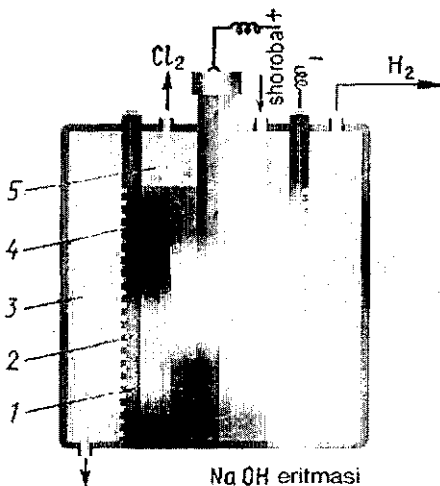
olinib turiladi. Hosil bo'lgan xlor-gaz tarkibida 93–96 % xlor ushlaydi. U gaz 20° C haroratgacha sovitish yo'li bilan quritiladi. So'ngra xlor kerakli joylarga sintezlar uchun yuboriladi yoki 1–1,2 MPa bosimda uy haroratida yoki 0,3–0,6 MPa bosimda -5 dan -25° C gacha haroratda suyuqlantiriladi. Suyuq xlor maxsus ballonlar yoki sisternalarda kerakli joylarga tashiladi.

Katod mahsuloti (natriy gidroksidi eritmasi) tarkibida 120–140 g/l NaOH va 170–180 g/l parchalanmagan osh tuzi bo'ladi. Eritma bug'lantiriladi va eritmada natriy gidroksidining konsentratsiyasi ortishi bilan osh tuzi cho'kmaga tushadi va ajratib olinadi. (NaOHning issiq suvda eruvchanligi yuqori, osh tuzining eruvchanligi esa kam bo'lganligidan NaOH ning eritmada konsentratsiyasi ortishi bilan osh tuzi cho'kmaga tushadi.) Natriy gidroksid eritmasi to'liq bug'lantirib suyuq holda suvsiz natriy gidroksid olinadi. U tarkibida 92–95 % NaOH va 2–4 % osh tuzi saqlaydi.

Rossiyada ishlatiladigan BGK -50 tipidagi elektrolizyorning elektroliz sharoiti va o'rtacha ko'rsatkichi quyidagicha: Tok kuchi — 50000 A, elektrodlardagi kuchlanish — 3,7 V, tokning zichligi — 1000 A/m<sup>2</sup>, tok bo'yicha unum — 96,0%, xlor olish uchun elektr energiyasi sarfi — 2840 Kvt/s. Shunday elektrolizyor bir sutkada 1500 kg xlor va 1800 kg natriy gidroksid ishlab chiqaradi.

Natriy xlor eritmasini simob katodli elektrolizyordalarda elektroliz qilish. Sobiq Sovet va Chexoslovakiya mutaxassislari natriy gidroksid olish uchun yuqori unum bilan ishlaydigan simob katodli sanoat elektrolizyorlarini yaratdilar.

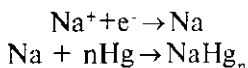
Simob katodli vannalarda vodorod katta kuchlanish bilan ajralib chiqadi (simobli katodda vodorod ionining zaryadsizlanish potentsiali 1,7–1,85 V, temir katodda esa u 0,1415 V ga teng). Natriy esa simobli katodlarda tez va osonlikcha ajraladi, chunki natriy ionining simob katodida zaryadsizlanish potentsali muvozanat potentsalidan ancha kichik va u 1,2



87-rasm. Filtrlovchi diafragmalı elektroliz vannasining sxemasi:

1 — g'ovak asbestli diafragma; 2 — ko'p teshikli po'lat katod; 3 — katod bo'shlig'i; 4 — grafidli anod; 5 — anod bo'shlig'i.

V ga teng. Bu hodisa katodda kimyoviy birikma natriy **amalgamasi** hosil bo'lishi bilan tushuntiriladi. Natijada amalda simob katodda **vodorod** hosil bo'lmaydi, bunda quyidagi jarayonlar boradi:



Simob katodining ustida joylashgan grafit anodda xlor zaryadsizlanib gaz holda ajralib chiqadi.

Natriy amalgamasi (0,1—0,3% Na saqlaydi) vannadan chiqarib olinadi va boshqa reaktorda issiq suv bilan parchalantiriladi, natijada vodorod gazi ajralib chiqib, eritmada natriy gidrooksidi hosil bo'ladi.

Simob katodli elektroliz usuli NaCl eritmasini juda tozalashni talab qiladi, chunki eritmada magniy, temir va boshqa metallarning bo'lishi simobli katodda vodorodning kuchlanishini pasaytirib yuboradi. Bu hol katod jarayonini buzilishiga va portlashga olib keladi. Vodorod ionining zaryadsizlanishini kamaytirish uchun tok zichligi oshiriladi.

Simob katodli elektrolizyorlarning asosiy yutug'i, bunda kimyoviy toza (tarkibida NaCl va boshqa begona aralashmalari bo'lmagan) yuqori konsentratsiyali ishqor olish mumkin bo'ladi. Suvni elektroliz qilib vodorod olish ayniqsa istiqbolli usuldir.

## 10.4. Sintetik xlorid kislota ishlab chiqarish

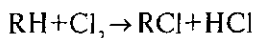
Osh tuzini elektrolizi jarayonida asosiy mahsulotlar xlor, vodorod va natriy ishqorisi bo'lib, xlor bilan vodorod xloridkislota ishlab chiqarish jarayonining asosiy xomashyolari hisoblanadi. Shuning uchun, ko'pincha, xlorid kislota ishlab chiqarish korxonalari osh tuzini elektroliz qiladigan zavodlar qoshida joylashgan bo'ladi. Xlorid kislota ishlab chiqarish uchun oldin vodorod xlorid gazi olinadi. Vodorod xloridi — o'tkir hidli rangsiz gaz,  $-85^\circ \text{C}$  da qaynaydi, suvda yaxshi eriydi (1 hajm suvda  $20^\circ \text{C}$  da 400—450 hamda vodorod xlorid gazi eriydi).

Xlorid kislota — rangsiz yoki sarg'ishroq rangli tiniq suyuqlik, odatda konsentrlangan xlorid kislota 37 %li bo'lib, zichligi  $1,19 \text{ g/sm}^3$ . Xlorid kislota kuchli bir negizli kislota. U turli xloridlarni olishda, metallarni payvandlashda, bug' qozonlarini cho'kindilardan tozadashdan platina, oltin va kumushlarning gidrometallurgiyasida, neft sanoatida — neftni qazib olishda, qog'ozni gidrolizlashda, terini oshlashda — uni charmga aylantirishda, gazlamalarni bo'yashda, bo'yoqlar ishlab chiqarishda, sirka kislota, plastmassalar ishlab chiqarishda va boshqalarda ishlatiladi.

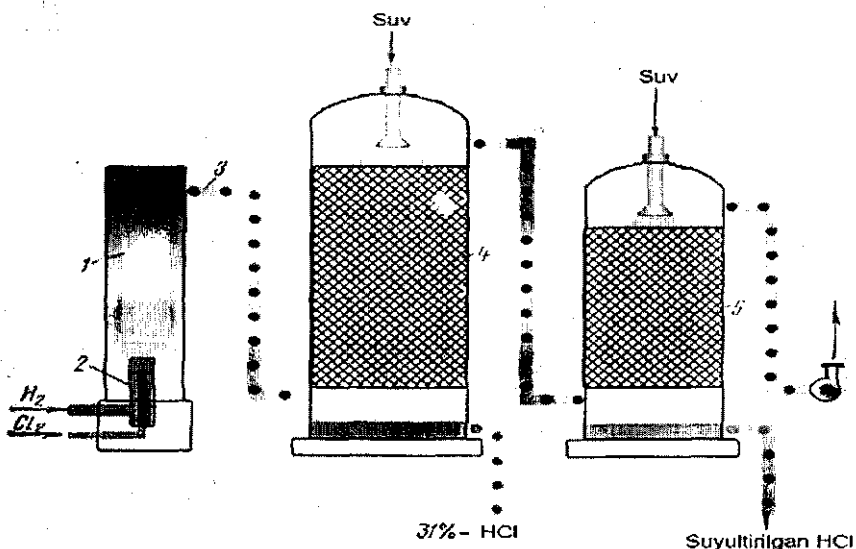
XV asrning oxirida Vasiliy Valentin va XVI asrda Anderiy Libaviylar

osh tuzi, achchiqtosh va mis kuporosini aralashtirib qizdirish orqali toza bo'lmagan xlorid kislota olishgan.

1658-yilda nemis olimi Glauber xlorid kislota olishning yangi usulini topdi, u osh tuzini konsentrlangan sulfat kislota bilan birga qizdirib ajralib chiqqan gazni suvga yuttirdi. Bu usul hozir ham laboratoriya va sanoatda xlorid kislota olishda qo'llaniladi. Xlorid kislota olish uchun vodorod xlorid gazini olish kerak; vodorod xlorid turli yo'llar bilan olinadi. 1. Sulfat usuli, bu usulda 92—93 % li sulfat kislota 500 —550° C haroratda osh tuziga ta'sir ettiriladi. Bunda 28—31 % li texnik xlorid kislota olinadi. Bu usul hozirgi paytda qo'llanilmaydi. 2. Vodorod xloridini sintez usuli 1920-yillarda paydo bo'ldi. Bu usulga binoan xlor va vodorod gazlarining o'zaro ta'siridan vodorod xloridi sintezlanadi. To'yingan uglevodorodlarni xlorlashda ham chiqindi sifatida vodorod xloridi hosil bo'ladi:



Hosil bo'lgan vodorod xloridining konsentratsiyasi turlicha (odatda 25—30 dan 95—98 % gacha HCl) bo'ladi. Uning tozaligi ham xlorlanadigan organik moddalarning tozalik darajasi, xossalari, reaksiyani olib borish sharoitiga bog'liq bo'ladi. Xlororganik mahsulotlar ishlab chiqarish



88-rasm. Vodorod xloridni adiabatik absorbsiyalash yo'li bilan sintetik xlorid kislota ishlab chiqarish sxemasi: 1 — kontakt pechi; 2 — gorelka; 3 — po'lat gaz o'tkazgich; 4 — yuttirish minorasi; 5 — sanitar minora.

to'xtovsiz o'sib bormoqda va unda chiqindi sifatida hosil bo'luvchi vodorod xloridi ham ko'paymoqda, hozirgi paytda uning miqdori sintetik vodorod xloridiga nisbatan 1,5—2,5 marta ko'p. Sintetik xlorid kislota olish uchun elektroliz usulida olingan xlor, vodorod bilan kontakt pechida (88-rasm) bevosita biriktiriladi. Pech o'tga chidamli po'latdan yasalgan bo'lib, balandligi 6 m, diametri 1 m. Pechning ostki qismida yoqgich (gorelka) o'rnatilgan. Yoqgich ikkita naychadan iborat bo'lib, biri ikkinchisining ichiga kirgan.

Ichki nay orqali quruq xlor, tashqi nay orqali esa vodorod kelib, naydan chiqqan joyda ular qo'shiladi va yonadi. Natijada katta issiqlik (92,1 j/mol) ajralib chiqadi, alangasining harorati 2400° C ga yetadi. Hosil bo'luvchi vodorod xlorid gazini xlor bilan ifloslanishini oldini olish maqsadida yoqgichga 5 % gacha ortiqcha vodorod yuboriladi. Olingan vodorod xlorid suvga yuttirilib xlorid kislota ga aylantiriladi yoki suyuq holatga o'tkaziladi (Vodorod xloridni suyultirish uchun, u sovitgichlarda sovitiladi, bunda xlorid kislota bug'lari kondensatlanadi. Keyin yanada quritish uchun sulfat kislota bilan sug'orilib turuvchi minora orqali o'tkaziladi. So'ng vodorod xloridi 100 atm. bosim bilan siqiladi va bir vaqtning o'zida sovuq suvda sovitiladi. Suyulgan vodorod xloridi po'lat ballonlarda saqlanadi.

Vodorod xloridini suvga yutilishi adiabatik sharoitda olib boriladi. Vodorod xlorid po'lat gaz o'tkazish quvuri orqali o'tib 200—250° C gacha soviydi, so'ngra yuttirish minorasi 4ning ostki qismidan kiradi. Minoraning ichida keramik halqalardan iborat nasadkasi bo'ladi. Bu minorada yutilmay qolgan vodorod xloridi, ikkinchi sanitar minorasi (5)ga yuboriladi. Unda 1% li xlorid kislota hosil bo'ladi. Yuttirish minorasi (4)ning ostki qismidan issiq; (70° C) 31 % li sintetik xlorid kislota chiqadi va u omborga yuboriladi. Uskunaning mahsuldorligi 100 % li xlorid kislota ga aylantirib hisoblaganda 15 t sutkaga teng. 1 t sintetik xlorid kislota olish uchun 1 t xlor gazi, 330 m<sup>3</sup> ga yaqin vodorod, 12—15 m<sup>3</sup> suv va 15—25 kVt·s elektr energiyasi sarflanadi.

# XI bob. ORGANIK MODDALAR ISHLAB CHIQRISH TEKNOLOGIYASI. YOQILG'INI KIMYOVIIY QAYTA ISHLASH

## 11.1. Energetika muammolari va istiqbollari

Hozirgi vaqtda jamiyatning moddiy farovonligi darajasi aholi jon boshiga ishlab chiqariladigan energiya miqdoriga qarab belgilanadi. Uylarni isitish, tezyurar transportdan foydalanish imkoniyati va sanoat mahsulotlari ishlab chiqarish ko'p jihatdan energiyaning yetarli bo'lishiga bog'liq. Energetik muammolar hozirgi kunda mohiyat e'tibori bilan insoniyat moddiy madaniyatining yanada o'sishi uchun real to'siq bo'lib qoladi.

Energetikaning rivojlanish istiqbollariga noto'g'ri baho berish natijasida ahvol mushkullashdi. Birinchidan, qazib chiqariladigan yoqilg'i (ko'mir, neft, gaz) zaxiralari shu ma'noda bitmas-tuganmas deb taxmin qilinganki, yangi konlarning ochilishi yoqilg'ining sarflanishidan anchagina oshib ketadi deb hisoblangan. Ikkinchidan, dastlabki atom reaktorlari muvaffaqiyatli ishga tushirilgandan keyin atom energetikasi yaqin vaqt ichida boshqa energetik manbalarning o'rnini bosadi deb taxmin qilingan. Bu ikkala (prognoz) noto'g'ri bo'lib chiqdi. Afsuski, mutaxassislar tabiiy yoqilg'ining umumiy zaxiralarini emas, balki ularni qazib chiqarishning muhimligini juda kech tushunib yetdilar. Tabiiy yoqilg'ini qazib olish darajasi texnologiya bilan belgilanadi. Masalan, ko'mir qazib chiqarishning mavjud texnologiyasida jahondagi ko'mir zaxiralarining atigi 1/4 qismini qazib chiqarsa bo'ladi.

Energetik muammolar energetika, shu jumladan, atom energetikasining rivojlantirish ekologik oqibatlariga yetarlicha baho bermaslik tufayli yanada qiyinlashadi. Shunday qilib, energetika muammolari energetik resurslarining yetishmasligida emas, balki jamiyatning energiyani iqtisodiy va ekologik jihatdan oqilona usulda olishga layoqatsizligidan iborat. Aholining turmush darajasining o'sib borishi, energiyaga bo'lgan ehtiyojning ortib borishiga olib keladi. Butun dunyoda energiya iste'moli progressiv sur'atda o'sib bormoqda, bu o'sish texnika taraqqiyoti, sanoatning rivojlanishi hamda aholining ko'payishi bilan tezlashadi. XX asrning boshlarida dunyoda energiyaga bo'lgan talab har 50 yilda ikki barobar oshgan bo'lsa, hozirgi paytda esa 15—20 yilda ikki barobar ortmoqda. Tabiiy energiya manbalarining taxminan 20 %i elektr energiyasi hosil qilish uchun, 20 %i transport uchun, 30 %i sanoat uchun va 30 %i binolarni isitish va boshqa turmush ehtiyojlari uchun sarflanadi.

Mavjud energiya manbalari ikkiga, asliga qaytadigan va asliga qaytmaydigan manbalarga bo'linadi. Asliga qaytadiganlariga quyosh energiyasi, shamol, suv, geotermal energiya manbalari kiradi. Asligi

qaytmaydiganlarga esa turli yoqilg'ilar — neft, gaz, ko'mir, slanets, torf kiradi. Energiyaning yangi turlaridan biri bu — atom energiyasidir. Ammo "Trimayl aylends" (AQSH) va Chernobil avariylari bu sohada hali yechilmagan muammolar, AESlarning xavfsizligini to'la ta'minlash, radioaktiv chiqindilar, texnik jihatdan takomillashmaganlik va boshqa ko'pgina sabablar tufayli AES lardan foydalanishni cheklab qo'ydi.

Hozirgi paytda insoniyat o'z ehtiyojlari uchun asosan asliga qaytmaydigan yoqilg'i turlaridan ko'p foydalanmoqda.

Jahondagi hamma energetik ehtiyojlarning 95%i hozircha uglerod saqlaydigan tabiiy birikmalar — neft, gaz va ko'miri yoqish hisobiga qondirib kelinmoqda. Tabiiy yoqilg'ining jahondagi zaxiralari 12800 mlrd. t shartli yoqilg'i deb hisoblanadi (1 kg shartli yoqilg'i, energiya miqdori 29 Mj bo'lgan 1 kg toshko'mirga teng). Bu miqdorning taxminan 11200 mlrd t sini toshko'mir, 740 mlrd t sini neft va 630 mlrd t sini tabiiy gaz tashkil etadi.

Asliga qaytadigan energiya turlari va potensial zaxirasi katta bo'lsa ham ulardan yetarlicha foydalanilmayapti. Masalan, yer kurrasidagi gidroenergiyaning umumiy potensial zapaslari 73 trillion KVt-soatni tashkil etgani holda hozirgi vaqtda ularning salkam 3% foydalanilyapti xolos.

1970-yillarda dunyoda energetika krizisi boshlandi. Shu yiliyoq neft va gazni narxi bir necha marta oshdi. Hozirgi davrda yer sharining 70% energiyasi neft va gaz hisobiga olinmoqda. Chunki ular foydalanishga qulay. Ammo neft va gaz nafaqat energiya manbai, balki minglab kimyoviy mahsulotlar olish uchun xomashyo hamdir. Shuning uchun ham neft va gazni kimyo sanoati uchun xomashyo sifatida qoldirish, energiya manbai sifatida nisbatan istiqbolli bo'lgan atom va termoyadro reaksiylari hamda ko'mir energiyasidan foydalanish juda muhimdir.

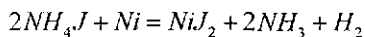
Toshko'mirning dunyo zapasi neft va gazga nisbatan 5 marta ortiq. Ammo toshko'mir atrof-muhitni ko'p ifloslaydi. Ekologik toza energiya manbai bu asosan vodorod va metanoldir.

Ma'lumki, vodorodning yonishidan suv hosil bo'ladi. Suv bug'lari esa atrofni tozalaydi. Uning yonishidan juda katta issiqlik chiqadi (125510 Kj/kg) ko'mirdan 4 marta ko'p (uglerod 32800 Kj/kg) energiya beradi. Vodorod suvdan olinadi, demak, uning xomashyosi bitmas-tuganmasdir. Hozirgi paytda vodorod avtomobillarning yoqilg'isiga qo'shilib (5—10%) foydalanilmoqda. Bunday qilinganda avtomobillardan chiqadigan zaharli gazlar miqdori ancha kamayadi. Benzina metanol ham qo'shib yoqilg'i sifatida ishlatiladi. Vodorod bevosita samolyotlar va avtomobillar uchun yoqilg'i sifatida ishlatilishi mumkin, biroq uni metallurgiya va kimyoviy texnologiyada qo'llanilishi ayniqsa istiqbolli hisoblanadi. Temir oksidlarini metallgacha qaytarish uchun uglerod (koks) o'miga vodorod qo'llanilayotgan zavodlar hozirgi kunlarda ham ishlab turibdi.

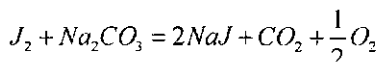


Uni rangli metallar rudalarning qayta ishlash jarayonlarida qo'llanilishi juda foydalidir. Odatda, mis, nikel va boshqa metallar saqlagan sulfidli rudalarni havoda yoqiladi. Bunda oltingugurt (IV) oksidi va tegishli metallar oksidi hosil bo'ladi. Agar rudaga vodorod bilan ishlov berilsa, chiqindi faqat oltingugurt hisoblanadi. Vodorod kimyoviy texnologiyada metanol va ammiak olish uchun va boshqalarda qo'llaniladi. Dunyoda 1977-yilda 30 mln t vodorod ishlab chiqarilgan bo'lsa, 1985-yilga kelib bu ko'rsatkich 50 mln t bo'ldi.

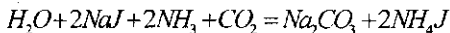
Vodorodni katta miqyosda olish uchun bir necha alternativ usullar taklif qilingan, bulardan eng istiqbollilari termokimyoviy va elektrokimyoviy usullar hisoblanadi. Hozirgi paytda vodorodni suvdan va ko'mirdan nisbatan arzon olish usullari ishlab chiqilmoqda. Yapon olimlarining yangi usuli nisbatan ancha arzon vodorod olish imkonini beradi. Bu usul quyidagi reaksiyaga asoslangan:



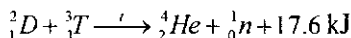
$NiJ_2$  800° C da parchalanadi  $NiJ_2 \rightarrow Ni + J_2$  so'ngra,  $J_2$  ga soda qo'shib 600—700° C da qizdiriladi.



Hosil bo'lgan NaJ va  $CO_2$  ga reaksiyaning birinchi bosqichida hosil bo'lgan  $NH_3$  ni qo'shib yana  $NH_4J$  olinadi:



Ayniqsa, termoyadro reaksiyalarining energiyasidan foydalanish juda istiqbollidir. Chunki bu reaksiyada ishlatiladigan xomashyo manbayi ham bitmas-tuganmasdir. Bunda vodorodning og'ir izotopi deyeriy va ozgina tritiy ishlatiladi.



Bu reaksiya uranni parchalanish reaksiyasidan (AES larda uranni parchalanishidan chiqadigan energiyadan foydalaniladi) farqi va ajoyib ustunligi shundaki, bu reaksiyada radiaktiv chiqindi moddalar hosil bo'lmaydi. Demak, atom energiyasi radiatsiya xavfidan batamom ozod bo'ladi. Bunday qurilmalarning avaryasi ham xavfli hisoblanmaydi. Bundan tashqari termoyadro reaksiyasi natijasida olingan energiya miqdori ham ko'p bo'ladi. 1 g D va T aralashmasining termoyadro reaksiyasi natijasida 35—10<sup>7</sup>kJ energiya ajralib chiqadi, bu 1 g uran 235 izotopining parchalanishidan ajralib chiqqan energiyadan 5 marta ortiqdir. 1 l suvdagi deyeriy energiyasi 300 l benzin yonganda chiqadigan energiyaga ekvivalentdir. Yerda esa 14—10<sup>20</sup> l suv bor. Hozirgi hisob-kitoblarga ko'ra dengiz va okean suvlaridagi deyeriyilari zaxira 10<sup>21</sup> tonna neftga ekvivalentdir. Deyteriyning yer yuzidagi miqdori taxminan 4·10<sup>19</sup> tonna.

Termoyadro reaksiyalarini ham hozirgi paytda boshqarish yo'llari topildi. Yaqin kelajakda asosiy energiya manbai termoyadro reaksiyalarining energiyasi bo'lib qolishi mumkin.

### Yoqilg'i va uni qayta ishlash

Tabiiy yoki sun'iy organik yonuvchi moddalar yoqilg'i deyiladi, ular energiya manbai hamda kimyo sanoatining xomashyosi. Agregat holatiga qarab barcha yoqilg'ilar: qattiq, suyuq va gazsimonga bo'linadi.

## 11.2. Qattiq yoqilg'ini qayta ishlash

Qattiq yoqilg'ini qayta ishlash natijasida turli mahsulotlar olinadi. Ulardan xalq xo'jaligi uchun, koks (metallurgiya sanoatining asosi), yarim koks, neft mahsulotlari o'rnida ishlatiladigan mahsulotlar, aromatik birikmalar — benzol va uning gomologlari, sintez gaz ( $\text{CO}$  va  $\text{H}_2$  aralashmasi), vodorod va boshqalar juda zarur mahsulotlardir. Bulardan tashqari toshko'mirni qayta ishlashda kimyo sanoatida xomashyo sifatida qo'llaniladigan turli organik mahsulotlar ham olinadi. Ba'zi bir qattiq yoqilg'ilarning tarkibi 4-jadvalda berilgan.

Qattiq yoqilg'ini yuqori haroratda qayta ishlash asosan uch yo'nalishda: piroliz, gazifikatsiya va gidrogenlash orqali amalga oshiriladi.

**Piroliz** usuli qattiq yoqilg'ini yopiq idishda, havosiz muhitda qizdirishga asoslangan. Bunday sharoitda yirik molekular parchalanadi va hosil bo'lgan mahsulotlar ikkilamchi o'zgarishlarga uchraydi. Masalan, ularning polimerlanishi, kondensatsiya, aromatizatsiya va alkilalanish reaksiyalariga kirishishi va boshqalar. Bu jarayonlar endotermik bo'lganligi uchun issiqlik uzluksiz tashqaridan berib turiladi. Olinadigan mahsulotlarni qanday maqsadda ishlatilishiga qarab piroliz har xil haroratlarda: past haroratli piroliz ( $500-580^\circ\text{C}$ ) yoki yarim kokslash, yuqori haroratli piroliz ( $900-1050^\circ\text{C}$ ) yoki kokslash sharoitlarida olib boriladi.

4-jadval

*Ba'zi bir qattiq yoqilg'ilarning tarkibi*

	Tarkibi, %									
	Organik moddalar									
	C	P	O							
Torf	59	6,0	35	25	4,5	0,4	70 tagacha	0,5	24,0	
Qo'ng'ir ko'mir	75	5,0	20	50 tagacha	4,0	2-3	45-55	1,3	26,0	
Tosh ko'mir	82	5,0	13	3-5	6,0	2-6	8,50	1,5	34,0	
Antrasit	95	2,0	3	1-1,5	6,0	1-2	8,0	1,2	34,0	
Yonuvchi slanetslar	76	9,0	14	10-15	30-60	1,5-11	30-65	-	25-34	

**Gazifikatsiya** deb qattiq yoqilg'ining organik moddalarni gazlashtiruvchi moddalar (havo, suv bug'i, kislorod yoki ularning aralashmasini 1000°C haroratda) bilan chala oksidlash orqali gazlar aralashmasiga aylantirishga aytiladi. Bu jarayon gaz generatorida (reaktorida) ekzotermik reaksiya tufayli amalga oshadi. Reaktorga gazlashtiruvchi moddalar bilan yoqilg'i aralashmasi purkaladi.

**Gidrogenlash** deb qattiq yoqilg'ini 380—550°C harorat va 20—70 MPa bosimda katalizator ishtirokida vodorod bilan ishlov berishga aytiladi. Bunday sharoitda ko'mirning tarkibidagi organik moddalarning kuchsiz ichki molekular (molekula ichidagi) bog'lari uzilib, to'yinmagan molekulariga vodorod birikadi. Bir yo'la oltingugurt, kislorod va azot saqlovchi birikmalari ham gidrogenlanib, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>O va NH<sub>3</sub> hosil qilinadi.

Gidrogenlash mahsulotlari yengil uglevodorodlar aralashmasidan iborat bo'lib, tarkibida kam miqdorda O<sub>2</sub> va H<sub>2</sub> saqlovchi yengil neft mahsulotlariga tarkibi jihatdan juda o'xshash bo'ladi. Sifati past bo'lgan toshko'mirni gidrogenlash (yoqilg'ini suyuqlantirish) sun'iy benzin va boshqa neft mahsulotlari olishning istiqbolli usulidir. Jarayon uchun juda yuqori bosim talab qilinishi bu usulning hozirgacha keng tarqalishiga to'siq bo'lib turibdi.

**Yarimkokslash.** Yarimkokslashdan maqsad past sifatli ko'mirdan (kokslashga yaramaydigan toshko'mir) yoki slanetsdan kimyoviy xomashyo hamda suyuq va gazsimon sintetik yoqilg'ilar olishdir. Yarimkokslash mahsulotlari — smola, gazlar birlamchi mahsulotlar deyiladi, chunki ular qattiq yoqilg'ini pirolizida (pirolizning boshlang'ich bosqichida) hosil bo'ladi. Yarimkokslashning birlamchi mahsulotlari unumi va tarkibi dastlabki yoqilg'ining tipiga bog'liq bo'ladi. Yarimkokslash mahsulotlarining taxminiy tarkibi 5-jadvalda berilgan.

Yarimkoks — bu mo'rt holdagi qattiq yoki kukunsimon material bo'lib, u juda reaksiyon aktiv hamda issiqlik beruvchi yoqilg'i, kokslashda shixta komponenti gazifikatsiyalash uchun dastlabki modda sifatida ishlatilishi mumkin. Yarim kokslash smolasi benzin, kerosin va shu kabi boshqa sun'iy motor yoqilg'isining manbasi hisoblanadi. U tabiiy neft mahsulotlari kabi smolani haydash yoki uni destruksiyalash orqali olinadi.

## Qattiq yoqilg'ini yarimkokslash mahsulotlari

Mahsulotlar xarakteristikasi	Kanskoa-chinsk qo'ng'ir ko'miri (Rossiya)	Cheremkova tosh ko'miri (Rossiya)	Slanets (Boltiq bo'yi respublikalari)
<b>1. Yarimkokslash mahsulotlarining unumi, %</b>			
Yarimkoks	62,0	73,8	66,6
Smola	8,4	10,0	22,7
Gaz	24,0	6,4	8,3
Pirogenetik suv	24,0	9,7	2,4
<b>2. Smola fraksiyon tarkibi</b>			
To'yintirilgan uglevodorod	-	3,0	4,0
Neytral moylar	-	47,5	79,6
Karbon kislotalar	-	1,1	1,0
Fenollar	-	19,5	6,3
Pyridin asoslar	-	2,7	-
Yuqori molekular mahsulotlar	-	18,0	9,0
<b>3. Gazlar tarkibi, % (hajm bo'yicha)</b>			
CO <sub>2</sub>	25,9	12,5	21,6
C <sub>n</sub> C <sub>m</sub>	2,1	7,6	18,2
CO	22,9	50,0	35,0
H <sub>2</sub> O	13,0	7,6	11,3
C <sub>n</sub> H <sub>2n+2</sub>	33,6	18,0	19,0
N <sub>2</sub>	2,5	4,3	4,9
Gazning yonish issiqligi, kJ/m <sup>3</sup>	16470	27200	32200

Neftning taqchil bo'lib borayotganligi sababli yarimkokslash usulining kimyo sanoati xomashyosining manbai sifatida qadri oshib bormoqda.

### 11.3. Kokslashda hosil bo'ladigan kimyoviy mahsulotlarni ushlab qolish

**Kokslash.** Toshko'mirni kokslash xomashyodan kompleks foydalanishga yaqqol misol bo'la oladi. Dunyoda qazib olinadigan toshko'mirning 40 %

ga yaqini, slanetslar va boshqa ko'pgina yoqilg'i turlari, koks va koks gazlari (tarkibida ko'p xil moddalar saqlovchi bug'-gaz aralashmasi) olish uchun kokslanadi. Sovitilgan koks gazlaridan kondensatlash va absorbisiyalash yo'li bilan yengil aromatik uglevodorodlar (xom benzol), toshko'mir smolasi (kondensatlangan aromatik va geterosiklik birikmalar aralashmasi), naftalin, ammiak, fenollar va boshqalar olinadi. Kondensatlanmagan gaz qaytgan koks gazlari deyilib, undan vodorod, etilen, metan olish yoki yoqilg'i sifatida ishlatish mumkin. Kokslashdan 250 dan ortiq mahsulotlar ajratib olinadi.

Kokslash uchun qizdirilganda bir-biriga yopishib mustahkam g'ovak metallurgiya koksi hosil qilinadigan ko'mirdan foydalaniladi. Odatda sanoatda xomashyo bazasini kengaytirish maqsadida, kokslanadigan ko'mir va ko'mirning boshqa turlaridan aralashtirgan holda kokslash shixtasi tayyorlanadi.

**Koks.** Kokslashning eng asosiy mahsuloti hisoblanadi. Koksning asosiy iste'molchilari bu qora va rangli metallurgiyadir (umumiy koks miqdorining 85% ga yaqini). Undan tashqari kimyo sanoatida, issiqlik olish manbayi sifatida, reaksiya jarayonlarida qaytaruvchi sifatida, shixta tarkibida massani, gaz o'tkazish xossasini oshirish maqsadida keng qo'llaniladi. Koks, bu g'ovak modda bo'lib, 96,5—97,5 % ugleroddan iborat, mexanik mustahkam yuqori yonish energiyasiga ega (32000 kJ/kg).

**Kokslash smolasi** bu koks gazlari sovitilganda kondensatlanadigan yopishqoq, qora rangli suyuqlik. U tarkibida 10000 ga yaqin individual kimyoviy modda ushlaydi. Shundan 300 dan ortiqrog'ini ajratib olishga muvaffaq bo'lingan. Ammo u moddalarning ko'pchiligi smolaning 1% dan kamrog'ini tashkil etadi. Smolani qayta ishlab olinadigan eng muhim birikmalarga kondensirlangan halqali aromatik birikmalari: naftalin va uning hosilalari, fenantren, antrasen, karbazol. Undan tashqari fenol, piridin, uning gomologlari, krezollar, yengil aromatik uglevodorodlar va boshqalar kiradi.

**Xom benzol** bu to'g'ri koks gazlaridan toshko'mir moyiga yuttirib ajratib olingan yengil aromatik, to'yinmagan va boshqa uglevodorodlar aralashmasidir. Xom benzoldagi moddalar rektifikatsiyalash va tozalash yo'li bilan toza va texnik aromatik uglevodorodlar: benzol, toluol, ksilollar, kumaron, solventlar (benzol hosilalarining aralashmasi) va boshqalar ajratib olinadi.

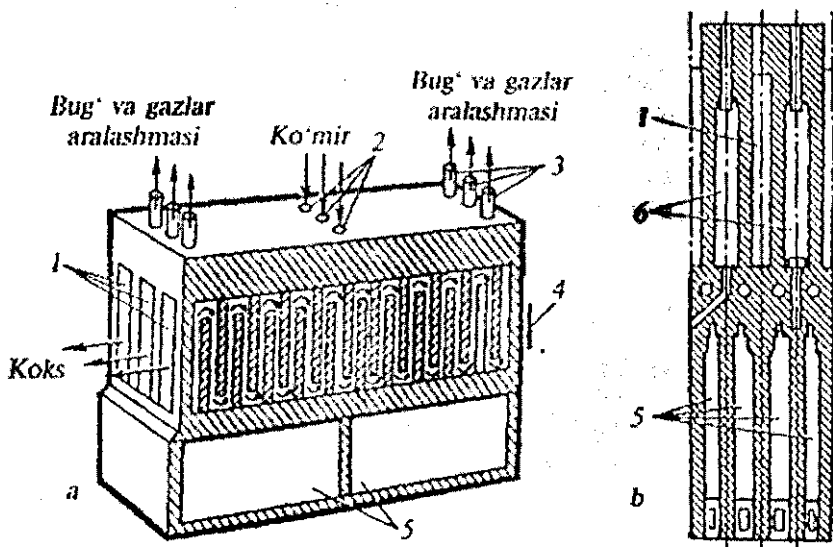
**Kokslash jarayoni** bu qattiq va bug'-gaz fazalar ishtirokidagi boruvchi ko'p bosqichli geterogen jarayondir. Ko'mir shixtasi yopiq reaktorda (kokslash pech kameralarida) qizdirilganda kokslash jarayoni qurish (100° C gacha), plastik holatga o'tish (400—500° C), yarimkokslash (500—650° C) va koks hosil bo'lish (650—1100° C) kabi bir necha bosqichlarda boradi.

**Kokslash pechi** — kokslash kamerasidan, qizdiruvchi devordan (yoqiladigan gazni yoqish va yonishdan hosil bo'lgan gazlarni — aylanma

gazlarni o'tkazuvchi kameralar oralig'iga o'rnatilgan devor) va chiqib ketuvchi issiq tutash gazlar haroratidan foydalanish imkonini beruvchi regeneratordan iborat bo'lgan murakkab agregatdir.

Kokslash pechlari bir necha batareyalardan tashkil topgan bo'lib, batareyalardan bloklar tuziladi. Har bir kokslash batareyasi parallel ishlovchi 61—79 ta kameralardan tashkil topgan bo'ladi. Batareyalarga bir qancha mexanizmlar xizmat ko'rsatadi, ular ko'mirni kameralga soluvchi vagonlar, koksni itarib to'kuvchilar, koks kamera devorini oluvchi mashinalar, elektrovozlar bilan yuruvchi koksni o'chiruvchi vagonlar va boshqalar.

Kokslash pechning kamerasi bilvosita qizdirish reaktori bo'lib, unda issiqlik kokslanuvchi toshko'mirga bevosita emas, balki bilvosita (ya'ni gazning yonishidan hosil bo'lgan issiqlik devorni qizdiradi, so'ngra devorning issiqligi bilan kameradagi kokslanadigan toshko'mir qiziydi) ta'sir etadi. Reaktor to'rtburchak shaklda bo'lib, unda o'tga chidamli g'ishtdan (dinas) qilinadigan ikkita ostki va gumbazli (ustki) qizdirgich devorlar o'rnatilgan bo'ladi. Batareyalarning unumdorligi uning kattaligiga bog'liq bo'ladi. Hozirgi zamon pechlarida kameraning balandligi 5—6 m,



89-rasm. Kokslash batareyasi:

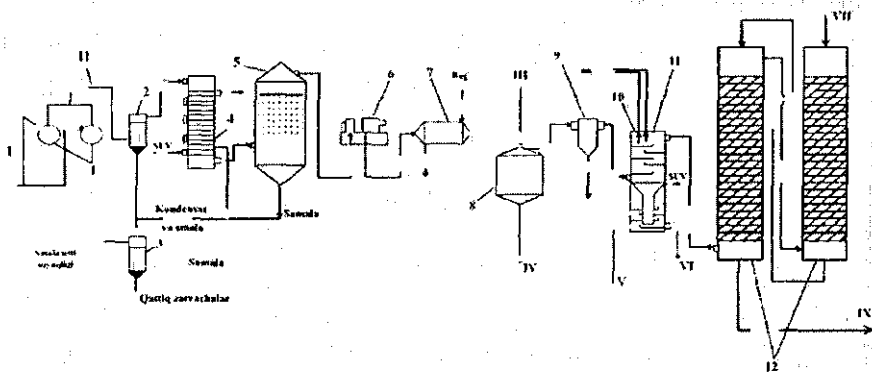
- a) 1 — devor orasidagi qizdiruvchi devor bo'yicha kesimi; b) kameraning ko'ndalang kesimi. 1 — kameralar; 2 — ko'mir solish uchun tuyuklar; 3 — gazlarni chiqarib yuboruvchi mo'ri; 4 — koks itargich; 5 — regeneratordlar; 6 — qizdiruvchi devor orasidagi devor.

uzunligi esa 14—15 m, eni odatda qizdirgich devorlarning issiqlikni o'tkazish tezligiga bog'liq bo'lib, 0,5—0,45 m ni tashkil etadi. Kokslash batareyasining sxemasi 89-rasmda berilgan.

Yoqiladigan gaz (domna yoki tozalagan koks gazlari) qizdiruvchi devorlar oralig'ida yoqiladi (qizdiruvchi devorlar orasidagi 740—850 mm qalinlikda bo'lgan gorizontal kanal), alanganing bir tekisda taqsimlanishi uchun devorlar vertikal holda bir necha to'siqlar bilan to'silib bir qancha tik kanalchalarga ajratilgan. Kamerani qizdirgach issiq gazlar regeneratrlar orqali o'tib, o'z issiqligi bilan uni qizdirib, so'ngra pechdan chiqadi. Regeneratrlarda akkumulatsiyalangan issiqlik pechga kiritiladigan yoqiladigan gaz va havoni qizdirish uchun foydalaniladi. Ko'mirni yetarli haroratgacha (1000—1100° C) qizdirish uchun yoqilg'i gazining yongandagi harorati 1400° C dan kam bo'lmasligi kerak. Kokslash jarayoni 12—14 soat davom etadi.

Kokslash batareyasining har bir kamerasi davriy, ammo, butun bir batareya esa uzluksiz ishlaydi, ya'ni bir kameraga toshko'mir (shixta) solinayotgan bo'lsa, ikkinchisi ishlab turgan bo'ladi, uchinchisidan esa koks olinayotgan bo'ladi.

Kokslash tugagach kameraning oldingi va orqa eshigi maxsus mexanizm yordamida olinadi va koksni itarib to'kuvchi mexanizm yordamida koks vagonga to'kiladi, vagon uchiruvchi minora ostiga boradi va u yerda cho'g' holdagi koks suv solib uchiriladi, tez sovitilgach koks yorilib mayda-mayda koks bo'lakchalariga ajralib ketadi. Ho'l usulda koksni sovitilganda 50% issiqlik yo'qotiladi. Keyingi yillarda koksni quruq usulda o'chirish (sovitish) keng tarqalmoqda. Unda azot gazi (inert) aylanma gaz sifatida koksni sovitadi va uning issiqligidan suv bug'i olishda foydalaniladi. Kokslashda hosil bo'ladigan kimyoviy mahsulotlarni ishlab chiqarish to'g'ri koks gazlari (kokslashda hosil bo'lgan uchuvchan birikmalar to'g'ri koks gazlari deyiladi) kokslash kamerasidan gaz so'ruvchi nasoslar yordamida so'rib olinadi. U tarkibida 0° C va 0,1 MRa bosimda 110—130 g/m<sup>3</sup> smola, 42—43 g/m<sup>3</sup> benzol uglevodorodlarining bug'lari, 8—14 g/m<sup>3</sup> ammiak, 0,5—1,5 g/m<sup>3</sup> vodorod sulfid va boshqa oltingugurt birikmalar, 10 g/m<sup>3</sup> gacha naftalin, 0,5—1,5 g/m<sup>3</sup> sianli birikmalar, 250—450 g/m<sup>3</sup> suv bug'lari va bir qancha boshqa (vodorod, metan, etilen qatori uglevodorodlari, uglerod oksidlari, azot) moddalar saqlaydi. Koks gazlarining unumi shixtaga nisbatan olinganda 340—350 m<sup>3</sup>/t ni tashkil etadi. Kokslashning kimyoviy mahsulotlari gazning sovishiga qarab bosqichma-bosqich ajralib chiqadi. Bu jarayon kondensatsiya, xemosorbsiya va fizikaviy absorbsiyaga asoslangan. To'g'ri koks gazlarini qayta ishlash sxemasi 90-rasmda berilgan. Gazning sovushi gaz yig'gichda boshlanadi, chunki gaz yig'gichlar sovuq



**90-rasm.** To'g'ri koks gazlarini qayta ishlash sxemasi:

1 — gaz yig'gichlar; 2 — separatorlar; 3 — tindirgich; 4 — sovitgich; 5 — elektrofiltr; 6 — gazpuflagich; 7 — qizdirgich; 8 — saturator; 9 — separator (kislotasi ushlagich); 10 — suvli sovitgich; 11 — yuvgich; 12 — nasadkali absorberlar; I — sovuq smola usti suvi; II — bug' gazli aralashma; III — sulfat kislotasi; IV — qo'r, eritma bilan birgalikda kristallar aralashmasi; V — issiq smola; VI — smolada naftalin eritmasi; VII — yutuvchi moy; VIII — qoldiq koks gazlari; IX — yutuvchi moydagi xom benzol eritmasi.

smola usti suyuqligi (ammiakli suv deb ataladi) bilan sug'oriladi. Bunda gaz 600—700° C dan 70—80° C gacha soviydi.

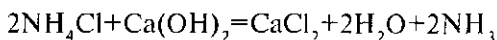
Natijada smola va suv bug'lari intensiv ravishda kondensatlanadi va bir vaqtning o'zida gazdan qattiq zarrachalar (fuslar) ham ajraladi. Suyuq mahsulotlar tindirgich 2ga oqib tushadi va qavatlarga ajraladi.

Eng ostiga fuslar cho'kadi, uning ustida smola to'planadi (smolaning zichligi 1,15—1,54 g/sm<sup>3</sup>). Smola ustida esa smola usti suyuqligi ajraladi. So'ngra gaz suvli sovitgich (3)da 30° C gacha soviydi. Bunday gazdan smola va suv bug'lari qariyb to'liq kondensatlanadi va suvda gaz tarkibidagi ammiakning bir qismi, ammoniy tuzlari (NH<sub>4</sub>SCN, NH<sub>4</sub>Cl va boshqalar) H<sub>2</sub>S va NH<sub>3</sub> dan sovitilganda hosil bo'luvchi (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S hamda CO<sub>2</sub> va NH<sub>3</sub> dan hosil bo'luvchi (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> lar eriydi. Suyuq mahsulotlar tindirgich (2)ga oqib tushadi, gaz esa elektrofiltr (4)ga o'tadi. Unda gaz tumandan va smoladan tozalanib gaz nasosi (5)ga boradi. Nasos gazni gazyig'gichlardan so'rib oladi hamda harakatini tezlashtiradi.

Smola usti suyuqligiga gazdagi barcha ammiakning 30 foizi erib o'tadi (ammoniy tuzlari tarkibidagi ammiakni ham qo'shib hisoblaganda), qolgan qismi olib bo'lmasligi sababli gaz tarkibidagi barcha ammiak 75% li sulfat kislotasi bilan ushlab olinib (xemosorbsiya) ammoniy sulfat o'g'itiga aylantiriladi. Smola o'ti suyuqligidan ammiakni ajratib olish uchun, suyuqlik



rektifikatsiya minorasining yuqori qismiga olib boriladi (rasmda ko'rsatilmagan). Minoraning yuqori qismida qizdirishga chidamsiz, ostki qismida qizdirishga chidamli ammoniy tuzlari ohakli suv yuborilganligi uchun quyidagi reaksiya bo'yicha:



parchalanib, ammiak ajralib chiqadi va qizdirgich 6da qizigan (50—60°C gacha) gaz bilan qo'shib saturator (7)ga kiradi va  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  ga aylanadi. Saturatordan sentrifuga yordamida ammoniy sulfat ajratib olish uchun yuqori haroratda qaynovchi moy (absorbisiyalovchi moy) ishlatiladi. Benzol va gomologlarning erishini kuchaytirish uchun gaz bevosita ta'sir etuvchi sovitgich (8)da suv bilan sovitiladi (suvdan naftalin ajratib olinadi). Gaz sovitgichda 20°C gacha soviydi. So'ngra gaz yuttirish minoralari (9,10) orqali o'tkaziladi (minora ichi yog'och nasadka bilan to'lg'azilgan bo'ladi. Minora (10) qarama-qarshi oqim prinsipida sovuq moy bilan sug'oriladi). Xom benzolning moydagi eritmasi rektifikatsiyalanib, xom benzol yuttiruvchi moy regeneratsiyalanib ajratib olinadi.

O'zbekistonda qattiq yoqilg'i manbayi asosan g'o'zapoya va toshko'mirdir. Respublikamizda toshko'mir qazib olish 1941-yillarda Angren ko'mir koni topilgach boshlandi. 1944-yili Shargun va Ko'xitong ko'mir konlari topilib ishga tushirildi. Hozirgi paytda Angrenda har yili 5—6 mln t, Shargundan esa 0,2—0,25 mln t ko'mir qazib olinmoqda.

## **11.4. Neft va tabiiy gazni qayta ishlash**

Neft yerosti qazilma yoqilg'ining yagona suyuq vakili. Uni bashariyat juda qadim zamonlardan buyon yaxshi biladi. Chunonchi Frot daryosi (Bobil) sohilida olib borilgan arxeologik qazuvlar u yerda miloddan 6000—4000 yil ilgariyoq neftdan foydalanilganligidan shohidlik beradi. Neft tabiatda yer po'stlog'ining tektonik faoliyati tufayli hosil bo'lgan, u yer ostida cho'kindi jinslarning g'ovak qatlamlarida, yorug' va bo'shliqlarida to'planib konlar hosil qiladi. Neft qatlamlari konlarida, turli chuqurliklarda (100 metrdan 6000 metrgacha) joylashgan bo'ladi. Neft katta bosim ostida bo'lib, odatda yo'ldosh gazlar va neft suvi bilan birga uchraydi.

### **11.4.1. Neft va tabiiy gaz qazib olish usullari**

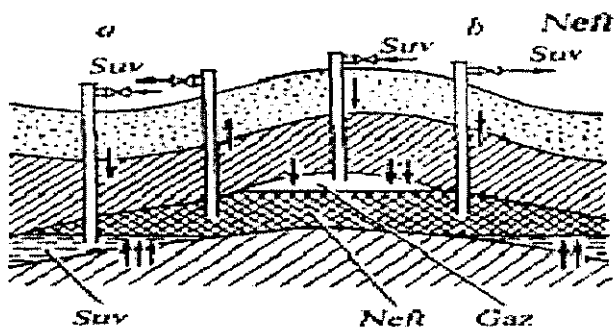
Neft va gaz qazib olish uchun yer yoki tog' jinslari maxsus burg'ulovchi qurilmalar (burovoylar) yordamida diametri 150—250 mm bo'lgan burg'u quduqchalar qaziladi. Burg'ulash qurilmasining balandligi 54 m bo'ladi. Burg'ulash qanday usulda olib borilmasin, quduq (skvajina)

chuqurlashib borgan sayin uzunligi 4,5 m va diametri 168 mm li quvurlar bir-biriga ulanib uzaytirib borilaveradi. Burg'ulash jarayonida hosil bo'lgan maydalangan jinslar quduqdan yuvuvchi suyuqlik (loyqa eritma) yordamida chiqarib tashlanadi. Qazish ma'lum chuqurlikka yetgach, maxsus foydalanish quvuri o'rnatilib, quvurning tashqi tomoni sementlab tashlanadi. Keyingi qazish ishlari diametri foydalanish quvuridan kichik bo'lgan quvur yordamida amalga oshiriladi va shu yo'sinda kerakli chuqurlikkacha qazib boriladi. So'ngra oxirgi quvur ham sementlanadi. Eng yirik tepa qismi esa armatura yordamida mahkamlanadi. So'ngra mahsuldor qatlam portlatish yo'li bilan ochiladi. Keyingi yillarda qazish ishlari qiya holda ham amalga oshirilgan. Bu usul juda foydali bo'lib, burovoy o'rnatish mumkin bo'lmagan joylarda ham (masalan, dengiz osti, aholi yashaydigan joylar, qurilishlari bo'lgan joylar) qazish ishlarini olib borish imkonini beradi.

Odatda neft va gaz yer ostida joylashgan chuqurligi, harorati va boshqalarga bog'liq holda 1—50 MPa bosim ostida bo'ladi. Kon ochilgan boshlang'ich davrlarida neft quduqdan yer yuzasiga o'zi otilib chiqadi. Neft qazib olishning bunday usuli fontan usuli deyiladi. Barcha gaz quduqlaridan foydalanish yer qatlamlarining bosimi tufayli fontan usulida olib boriladi. Neft olinavergach qatlamdagi bosim kamayadi. So'ngra majburiy yo'l bilan chiqarishga o'tiladi. Majburiy yo'llarga: quduqqa nasos tashlab chiqarish va kompressor usullari kiradi. Quduqqa nasos tashlab chiqarish usulida, quduq diametridan kichikroq diametrli uchiga nasos o'rnatilgan quvur quduqqa tashlanadi va nasos neftni yuqoriga chiqarib beradi. Kompressor usulida quduqqa katta bosimda neft gazlari yoki havo yuboriladi. Gazlar o'zi bilan neftni ham olib chiqadi. Ayniqsa, yer ostiga

neft qatlamlariga gaz yoki havo yuborib katta bosim hosil qilish usuli keng qo'llaniladi (91-rasm).

Bu usullarni qo'llash bilan kondagi neftning 50 %ini olish mumkin. Neft kamaygan konlardan foydalanish uchun yerosti neft qatlamlariga turli usullar bilan ta'sir ko'rsatadilar. Masalan,



91-rasm. Yerosti qavatlarida bosim hosil qilish bilan neft qazib olish sxemasi.

gidravlik usulida (suv yuborib), kislotaga bilan ishlov berish, burg'u quduqlariga bug' yuborish yoki issiq suv yuborish yoki yer ostida neftning ozroq qismini yoqish va boshqalar. Bu usullarni qo'llash neft chiqarishni 80 — 90 % ga yetkazadi.

O'zbekistonda neft qadim zamonlardan beri ma'lum. Farg'ona neft konlaridan foydalanish asosan XX asrning dastlabki yillaridan boshlangan. Dastavval Chimyon (1904-yil), keyinchalik Moylisoy, Selroha, Neftobod (1934-yil), Andijon neft konlari ishga tushirildi. Farg'ona vodiysida 30 dan ortiq neft konlari bor. Buxoro, Sirdaryo va Qashqadaryodagi Polvontov (1944-yil), So'x, Lalmikor, Qakaydi (1939-yil), Uchqizil (1940), Sariton (1956), Muborak, Qoraxitoy, Qorabair va boshqa neft konlaridan neft qazib olinmoqda. Neft qazib chiqarish yildan-yilga o'sib bormoqda. Respublikamiz mustaqillikka erishgach ikkita juda yirik neft koni — Namangandagi Mingbuloq va Qashqadaryodagi Ko'kdumaloq neft konlari topildi. Ularning har qaysisidan yilida 5—6 mln t neft qazib olish mumkin. Ushbu konlar bazasida respublikamizda Farg'ona neftni qayta ishlash zavodi rekonstruksiya qilindi va yiliga 5—6 mln t neftni qayta ishlash qudratiga ega bo'ldi. Buxoroda (Qorovulbozorda) ham Yaponiya texnologiyasi asosida eng zamonaviy neftni qayta ishlash zavodi qurilishi jadal sur'atlarda olib borilib, 1996-yilning dekabrda zavod qurilishi tugadi. Bu zavod yiliga 5 mln. t. neftni qayta ishlash qudratiga ega. Har ikkala zavod to'la quvvat bilan ishlay boshlagach respublikamizning neft mahsulotlariga bo'lgan talab to'la qondiriladi va chetdan benzin va boshqa neft mahsulotlari sotib olishga ehtiyoj qolmaydi.

**Neft tarkibi.** Neft sarg'ish, qo'ng'ir, qoramtir rangli moysimon suyuqlik, zichligi 0,73 dan 0,95 g/sm<sup>3</sup> gacha - 20dan +20°Cgacha haroratda qotuvchi juda murakkab tarkibli turli uglevodorodlar va geteroatomli organik birikmalar aralashmasidan tarkib topgan. U yuqori kaloriyalı yoqilg'i (yonish issiqligi 40 000 dan 44 000 gacha kJ/kg). Kimyoviy tarkibi: 83—87% C, 12—14% H, 0,3—3% S, 0,1—1,0% O, 0,001—0,4% N va juda kam miqdorda metalloorganik birikmalar shaklida vanadiy, nikel, temir, titan, kobalt, germaniy va boshqa elementlardan iborat bo'ladi. Neft tarkibida uch turdagi suyuq va erigan holda qattiq uglevodorodlar ushlaydi: parafinli uglevodorodlar (asosan to'g'ri zanjirli, C<sub>1</sub> dan C<sub>30</sub> gacha), neftda to'yinmagan uglevodorodlar bo'lmaydi; turli uzunlikdagi yon zanjirlari bo'lgan siklopentan va siklogeksan hamda ularning hosilalari tipidagi monosiklik naftenlar va di-, tri- hamda politsiklik polimetilenli uglevodorodlar (shu jumladan, yon zanjiri bo'lganlari ham); aromatik uglevodorodlar, benzol va ularning gomologlari, naftalin, antratsen va uning gomologlari, naftearomatik gibrid uglevodorodlar va ularning

hosilalari. Neft tarkibida u yoki bu sinf moddalarning ko'pligiga qarab olti tipga bo'linadi. Bular: metanli (yoki parafinli), metanonafthenli, naftenli, metalonafthenoaromatik, naftanoaromatik va aromatik. Neftning yoshi aromatikdan metanli uglevodorodlarga o'tgan sayin o'sib boradi. Texnologik klassifikatsiyaga binoan neft 0,5 %gacha oltingugurt saqlovchi — kam oltingugurtli 0,51% dan 2% gacha oltingugurt saqlovchi oltingugurtli, 2% dan ortiq oltingugurt saqlovchi — ko'p oltingugurtli, 1,5% gacha parafin saqlovchi kam parafinli, 1,51 dan 6% gacha parafin saqlovchi — parafinli, 6% dan ko'proq parafin saqlovchi ko'p parafinli neftlarga bo'linadi.

**Neftni qayta ishlashdan olinadigan mahsulotlar.** Hozirgi davrda organik sintezning etilen, propilen, butilen, atsetilen, divinil, izopren, benzol va uning gomologlari, naftalin va boshqa bir qancha muhim mahsulotlarini ishlab chiqarish neft kimyosi xomashyosiga asoslangan. Ular esa o'z navbatida plastmassalar, tolalar, kauchuklar, yuvish vositalari, bo'yoqlar va boshqa yuzlab ishlab chiqarish uchun xomashyo hisoblanadi.

Neftning parafinli komponentlari mikrobiologik sintez uchun (oqsil-vitaminli konsentratlar ishlab chiqarishda) dastlabki xomashyo hisoblanadi. Kelgusida neftning ahamiyati neft kimyosi xomashyosi sifatida yanada ortib boradi. Neftni kompleks qayta ishlash neft kimyosi sanoatining o'ziga xos xarakterli xususiyatidir. Neft yoqilg'ilari foydalanish uslubiga qarab qozon va motor yoqilg'isiga bo'linadi. Motor yoqilg'isi ichki yonar dvigatellarining tipiga qarab: karbyurator (benzin, kerosin), dizel va reaktiv yoqilg'ilarga bo'linadi.

Benzin, yoqilg'i havo aralashmasini elektr uchquni bilan alanga oldiradigan porshen karbyuratorli dvigatellar uchun yoqilg'i sifatida ishlatiladi (porshenli samolyotlar, avtomobillar, mototsikllar va boshqa mexanizmlar). Benzin ma'lum fraksion tarkibga, dvigatelda to'liq bug'lanish, tez alanganish xossasiga ega bo'lgan to'yingan bug' bosimiga, detonatsiya va kimyoviy chidamlilikka ega bo'lishi, uskunalarni korroziyaga uchratmasligi lozim. Masalan, B-100 markali aviatsiya benzini 40—180 °Cda 97,5 % haydaladi, 10% 75° Cda qaynaydi, -60 ° Cda muzlaydi, 46200 kJ/kg issiqlik beradi.

Benzinning detonatsiyaga chidamliligi uning muhim xarakteristikasidir. U yoqilg'ini tashkil etgan komponentlarning termik barqarorligiga bog'liq bo'ladi. Karbyuratorli dvigatelning issiq silindriga benzin bug'i bilan havo aralashmasi keladi, porshen ularni siqadi, maksimum siqilgach svecha uchquni bilan alanganib yonadi. Hosil bo'lgan gazlar porshenni harakatga keltiradi. Dvigatel ishining mahsuldorligi silindrda gazlar aralashmasining siqilish darajasiga bog'liq bo'lib, yoqilg'i bir tekisda yonganda va alanganing tarqalish tezligi 10—20 m/s bo'lganda eng yuqori bo'ladi. Ammo ba'zan yoqilg'i havo aralashmasi ma'lum darajagacha siqilgach yonish tezligi 2000

m/s gacha keskin oshadi, portlash (detonatsiyalanish) tezligi yaqinlashadi. Natijada silindrdagi qattiq urilish bo'lib, uni qizib ketishiga, tez ishdan chiqishiga, dvigatel kuchining pasayib ketishiga, yoqilg'ining ortiqcha sarflanishiga olib keladi.

Detonatsiyaning sababi uglevodorodlarning termik parchalanib o'ta beqaror peroksidlar hosil qilishidir. Ular siqilishga chidamsiz bo'lib zanjirli reaksiyani kuchaytirib yuboradi. Yuqori molekular massaga va normal tuzilishga ega bo'lgan to'yingan uglevodorodlar detonatsiyaga moyil bo'ladi, aksincha izotuzilishga (tarmoqlangan) ega bo'lgan uglevodorodlar detonatsiyaga chidamli bo'ladi. Shuning uchun ham benzinlarning detonatsiyaga qarshi xossasiga baho berish uchun oktan soni (shkalasi) qabul qilingan. N - heptanning detonatsiyaga chidamliligi shartli ravishda "0" deb, izooktanni (2,2,4-trimetilpentan) esa 100 deb qabul qilingan. Oktan soni deb benzinning detonatsiyaga chidamliligining o'lchov birligiga aytiladi. U son jihatdan izoaktanning N-heptan bilan aralashmasidagi foiz miqdoriga tengdir va standart bir silindrdagi dvigatellarda yoki o'sha yoqilg'iga mo'ljallangan eksperimental dvigatellarda sinash yo'li bilan aniqlanadi.

Uglevodorodlarning oktan soni ularning molekular massasi va tuzilishiga bog'liq bo'ladi. Normal tuzilishga ega bo'lgan alkanlarda molekular massasining ortib borishi bilan oktan soni ham o'zgarib boradi, masalan: etan-125, propan-120, butan-93, pentan-64, geksan-26, heptan-0, oktan-(-20) teng. Oktan sonining molekular massaga bog'liq bo'lishi to'yinmagan, siklik va aromatik uglevodorodlarga ham xarakterlidir. Uglevodorod zanjirining tarmoqlanish darajasining ortishi bilan oktan soni ham ortadi, misol uchun: heptan-0, 2,2-dimetil pentan-89; 2,2,3-trimetilbutan-104; oktan soni to'yingan uglevodorodlardan to'yinmaganga o'tganda ham ortadi. Masalan, uglerod soni bir xil bo'lib, to'yingandan to'yinmaganga va undan ham halqaligiga, halqalidan aromatikka o'tgan sayin ortib boradi, masalan: geksan-26, geksan-1-63, siklogeksan-77, benzol-106.

Benzinning detonatsiyaga chidamliligi unga antidetonator deb ataluvchi ba'zi bir moddalarni qo'shish bilan oshirish mumkin. Masalan, tetractil qo'rg'oshin  $Pb(C_2H_5)_4$ , brometan va 6-xlornaftalin bilan aralashmasidan (etil suyuqligi) 11 benzingga 3 ml qo'shilsa uning oktan soni 70dan 90gacha ortadi, ammo etil suyuqligi juda zaharli bo'lganligi hamda u qo'shilgan benzin yonganida qo'rg'oshinning zaharli birikmalari hosil bo'lib, atrof-muhitni, atmosferani zaharlashi sababli undan foydalanish keyingi yillarda qisqarib bormoqda. Antidetonator sifatida marganets metilsiklo-pentadieniil karbonil ( $CH_3C_5N_4Mn(CO)_5$ ) ham ishlatiladi. Motor yoqilg'isini oktan

sonini oshirishining nisbatan samarali usuli, bu yoqilg'ini qayta ishlash paytida uni uglevodorodlar tarkibini o'zgartirishdan (turli xildagi katalitik krekninglarni qo'llash orqali) yoki benzina oktan soni yuqori bo'lgan komponentlar (izooktan, triptan, kumol va boshqa aromatik uglevodorodlar) qo'shilishdan iboratdir. Dizel yoqilg'isi — kerosin, gazoyl, solyar moylari bo'lib, ichki yonar dvigatellarida qo'llaniladi. Ular yonish kamerasiga bevosita purkaladi. Katta bosim, yuqori harorat va siqilgan havo ta'sirida purkalgan yoqilg'i o'z-o'zidan yonib ketadi. Yonishdan hosil bo'lgan gazlar ish bajaradi. Bunday dvigatellarning foydali ish koeffitsienti (FIK) juda yuqori bo'ladi (yuk avtomobillari, teplovozlar, teploxodlar, kichik elektrostansiyalar va boshqalarda qo'llaniladi). Bunday yoqilg'ilarning o'z-o'zidan alanganib yonib ketishi, qovushqoqligi, fraksion tarkibi, qotish harorati, kokslanish va boshqa xossalari ularning muhim ko'rsatkichlari deb hisoblanadi.

Yoqilg'ilarni o'z-o'zidan alanganib ketishi setan soni bilan baholanadi. Setan soni qanchalik yuqori bo'lsa yoqilg'i shunchalik sifatli hisoblanadi. Setan soni dizel yoqilg'isini etalon aralashma bilan taqqoslab ko'rish orqali aniqlanadi. Etalon aralashma bu setan (geksadekan  $C_{16}H_{34}$  uning setan soni "100" deb qabul qilingan) va  $\alpha$ -metil naftalin —  $C_{10}H_7CH_3$  (setan soni "0" deb qabul qilingan) aralashmasidan iborat bo'lib, dizel yoqilg'ilarida setan soni 40 dan 50 gacha bo'ladi. Dizel yoqilg'isining setan soni yoqilg'iga yuqori molekular parafin uglevodorodlari yoki peroksid moddalar qo'shish bilan oshiriladi.

**Reaktiv yoqilg'ilar.** Hozirgi zamon aviatsiyasida havo turboreaktiv dvigatellar qo'llaniladi. Bunday dvigatellarda yoqilg'i sifatida qaynash harorati  $150-280^\circ C$  bo'lgan kerosin fraksiyasi ishlatiladi. Tovushdan tez uchar samolyotlar esa (ular juda balanda uchadi) qaynash harorati  $195-315^\circ C$  bo'lgan kerosin fraksiyalari ishlatadi. Reaktiv yoqilg'ilar smola hosil qilish xossasiga ega bo'lgan to'yinmagan uglevodorodlar, yoqilg'i sistemasini ifloslovchi (tiqilib qolishiga sababchi bo'ladigan) kristallanuvchi parafinlar saqlamasligi kerak. Aromatik uglevodorodlar qasmoq hosil qilishga moyil bo'lganligi hamda gigroskopikligi uchun kamroq bo'lishi kerak. Muzlash harorati esa  $-60^\circ C$  dan kam bo'lmasligi lozim.

Qozon yoqilg'isi sifatida neftni qayta ishlash mahsulotlari gaz, neft, mazut va boshqalar ishlatiladi. Ular teplovozlarning, paroxodlarning issiqlik elektr stansiyalarining, sanoat pechlarining o'txonasida yoqiladi. Surkov moylari harakatdagi qismlarni bir-biriga tegib, joylari ishqalanishini kamaytirish maqsadida qo'llaniladi. Bunda ishqalanishga kam energiya sarflanadi, mexanizmlarning mustahkamligi ta'minlanadi, ularning yedirilishini oldi olinadi. Surkov moylari qo'llanish sohasiga qarab:

industrial (vereten, mashina moylariga), ichki yonar dvigatellari moylari (avtollar va aviatsiya moylari), transmission (dvigatelning harakatini yoki aylanishini g'ildirak va tasmalar orqali boshqa mexanizmlarga uzatuvchi qurilmalar uchun), turbina, kompressor va maxsus maqsadlar uchun qo'llaniladigan moylarga bo'linadi. Surkov moylarining sifati ularning surkash qobiliyati, qovushqoqligi, qotish va yonish harorati barqarorligi, zichligi kabilar bilan belgilanadi.

**Neftni qayta ishlashga tayyorlash.** Neft quduqlaridan qazib olingan neft tarkibida erigan gazlar, suv va mexanik aralashmalar — qum va tuproq ushlaydi. Shuning uchun neft konlarida va neftni qayta ishlash zavodlarida tozalanadi. Neft kondan maxsus quvurlar orqali po'latdan yasalgan tik holdagi separatorlarga (gaz ajratgich) oqib keladi. U yerda neftning bosimi va oqimi kamayganligidan unda erigan gazlar (yo'ldosh gazlar) ajralib chiqadi. Bir vaqtning o'zida neft tindirilganligi uchun mexanik aralashmalar va suv ham qisman ajraladi. Mineral tuzlarni ajratish uchun neft yumshoq va issiq suv bilan yuviladi. Neft suv bilan mustahkam emulsiya hosil qiladi. Shuning uchun ham tindirish yo'li bilan suvni to'liq ajratib bo'lmaydi. Suvni va tuzni neftdan to'liq ajratish turli termokimyoviy va elektrkimyoviy usullarni qo'llash bilan amalga oshiriladi. Elektro-tuzsizlash qurilmalarida shunday ishlov berish natijasida neft tarkibida suv 0,1% gacha, tuz esa 70 — 100mg/l gacha kamayadi. Neft suvsizlantirilgach stabilanadi, ya'ni oson qaynovchi butanpentanli fraksiya (qisman geksan fraksiyasi) haydab ajratib olinadi. Bu operatsiya natijasida neftni saqlash va tashish jarayonida yengil uglevodorodlarning yo'qotishi oldi olinadi.

#### **11.4.2. Neftni qayta ishlashning asosiy usullari va foydalaniladigan uskunalar**

Neftni qayta ishlash sanoatida neft uch tipda qayta ishlanadi: yoqilg'i olish bilan boruvchi (motor va qozon yoqilg'isi olinadi), yoqilg'i-moy olish bilan boruvchi (ham motor yoqilg'isi, ham surkov moylari olinadi), neftekimyoviy qayta ishlash (yoqilg'ilar, surkov moylari va kimyo sanoati uchun xomashyo olinadi). Qayta ishlashning bu uchala turi ham fizikaviy va kimyoviy usullar bilan amalga oshiriladi.

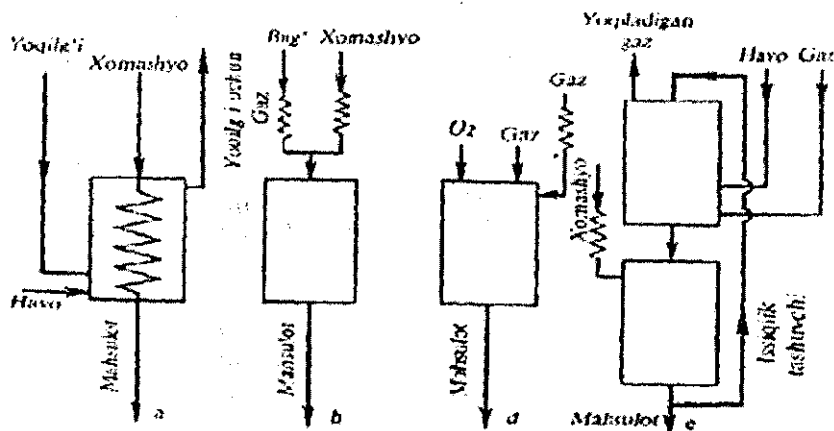
Fizikaviy usullar neft va neft mahsulotlarini qayta ishlashni, ularni tashkil etuvchi komponentlarning fizikaviy xossalari: qaynash va qotish harorati, eruvchanligi, absorbsion qobiliyati va boshqalar orasidagi farqqa asoslangan. Bu usullar neft tarkibidagi qaynash haroratlari bir-biriga yaqin bo'lgan fraksiyalarni ajratishda, uglevodorodlarning ayrim sinflarini (deparafinlashda) ajratishda hamda individual birikmalarni ajratib olishda

qo'llaniladi. Ko'pincha neft mahsulotlarini atmosfera va past bosimda to'g'ri haydashda qo'llaniladi.

Kimyoviy usullari neft va neft mahsulotlari tarkibidagi uglevodorodlarning harorat, bosim, katalizatorlar, kimyoviy reagentlar ta'sirida chuqur strukturaviy o'zgarishiga asoslangan.

Bu usullar juda muhim neft mahsulotlarining miqdorini ko'paytirish (masalan benzin) uchun, neft mahsulotlarining sifatini oshirish (masalan, benzinning oktan sonini oshirish uchun, ayrim individual uglevodorodlarni (benzol va uning gomologlarini) olish uchun hamda kimyo sanoatining xomashyolarini (vodorod, sintez-gaz, atsetilen, alkenlar, dienlar va boshqalarni) olish maqsadida qo'llaniladi. Sanab o'tilgan usullardan neft mahsulotlarini termik va katalitik krekingslashning turli xillari eng ko'p qo'llaniladi.

Neft va neft mahsulotlarini qayta ishlovchi uskunalar jarayonning uzluksizligini, asosiy mahsulotning yuqori unumda chiqishini, iqtisodiy samaradorlikni, katta mahsuldorlikni ta'minlashi kerak. Neftni qayta ishlovchi uskunalarni uch turga bo'lish mumkin: xomashyoni qizdirishni va o'zgarishini ta'minlovchi pechlar va reaktorlar, mahsulotlarni bir-biridan ajratish uchun rektifikatsiya kolonnalari (ustunlari), issiqlikni bekorga chiqib ketmasligi, ya'ni undan foydalanish uchun (utilizatsiyalash uchun) hamda sovitish kerak bo'lgan mahsulotlarni sovitish uchun issiq almashtirish uskunalari. Neft va neft mahsulotlarini fizikaviy va kimyoviy qayta ishlash jarayonlari odatda endotermik bo'lib, tashqaridan issiqlik berilishini talab



92-rasm. Issiqlik berishning asosiy usullari:

a — tashqaridan qizdirish bilan; b — suv bug'i bilan adiabatir;

d — avtotermik (oksidlanish bilan); e — qattiq issiqlik tashuvchi bilan.

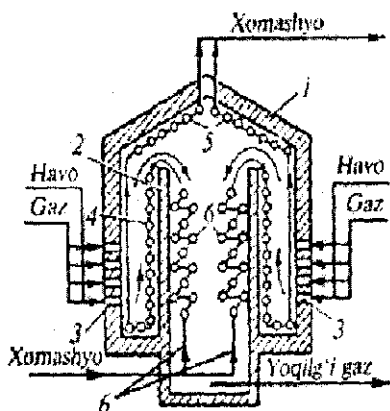


qiladi. Shu maqsadda qo'llaniladigan uskunalar issiqlik berish usullari bilan bir-biridan farq qiladi (92-rasm).

a-sxemada xomashyoni tashqi tomonidan qizdirish usulidan foydalanib, b-sxemada qizdirishning adiabatik sharoitida, ya'ni issiqlik o'tkazuvchi yuzga bo'lmagan sharoitda amalga oshiriladi. Issiqlik tashuvchi sifatida yuqori haroratdagi (90°—95° C) suv bug'i ishlatiladi.

Avtotermik yoki oksidlash usulida (d-sxemada) zarur issiqlik xomashyoni bir qismini atmosfera kislorodida yoqish bilan olinadi. Qattiq issiqlik tashuvchidan (donador alumosilikatli katalizator yoki changsimon qum va boshqalar) foydalanilganda (e-sxema) reaksiya tuguni ikki uskunadan: reaktor va qizdirgich-regeneratordan iborat bo'ladi. Qattiq issiqlik tashuvchi regeneratorda qiziydi va reaktorga borib issiqligini beradi, shunday qilib bu uskunalar orasida aylanib yuradi. Bu sxema neft mahsulotlarini katalitik qayta ishlashda keng qo'llaniladi.

Neft mahsulotlarini qizdiruvchi asosiy uskuna bu tashqaridan alangada qizdiriluvchi yoki alangasiz qizdiriluvchi quvursimon pech hisoblanadi. Alangasiz qizdiriluvchi quvursimon pech (93-rasm) ichi issiqlikni izolatsiyalovchi keramik panel (devor)dan terilgan kamera bo'lib, pechning ichida o'tga chidamli to'siqlar (2) o'rnatilgan, ular yoqiladigan gazni chiqaruvchi keng kanallar hosil qiladi (uni konveksion kamera ham deyiladi).



93-rasm. Alangasiz qizdiruvchi quvursimon pech:

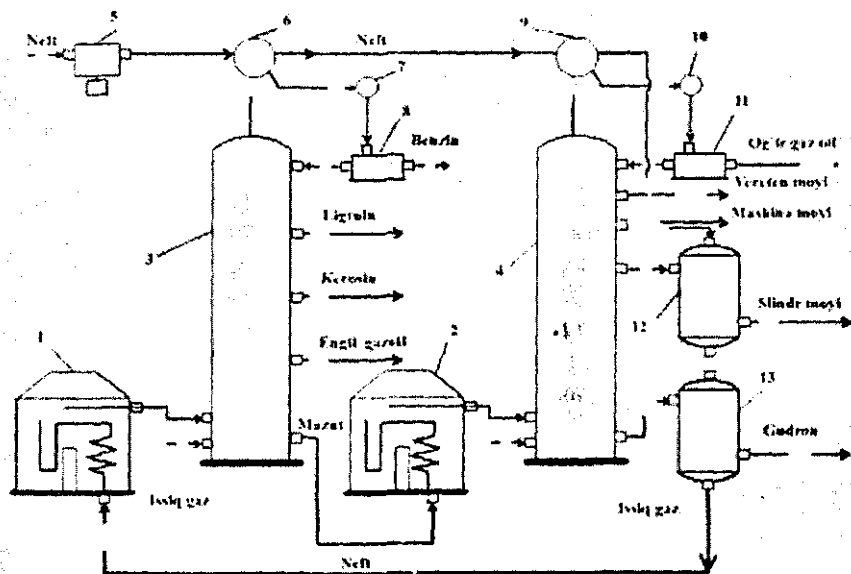
1 — korpus; 2 — to'siq; 3 — alangasiz gorelkalar; 4,5 — quvurlar (radial quvurlar); 6 — konvektiv seksiya quvurlari.

Issiq almashtirgichlarda biroz qizdirilgan yoki sovuq holdagi xomashyo konveksion kamera (6)ning ostki quvuriga beriladi (pechning hamma quvurlari ketma-ket bir-biri bilan ulangan bo'ladi), u quvurdan o'tgan xomashyo qaytuvchi yoqilg'i gazlari bilan qiziydi. So'ngra u radial quvurlari (4,5)ga o'tadi va u yerda quvurlarning issiqligida va juda qizigan yoqilg'i gazlar issiqligidan qiziydi. Issiqlik qizigan panellarning issiqlik chiqarishidan olinadi. Qizigan xomashyo pechning tepa qismidan chiqadi va qayta ishlash uchun yuboriladi. Pech, keramik prizma shaklidagi pech devoriga mahkamlangan gorelka (3) yordamida gaz yoqilg'isi yoqib qizdiriladi. Bunday

pechlar ixcham va yuqori foydalanish koeffitsientiga ega. Neft mahsulotlarini bir-biridan ajratish turli turdagi reaktifikatsiya kolonnalarida amalga oshiriladi. Qalpoqli tarekasiimon turdagi barbotajli kolonnalar keng tarqalgan bo'lib, odatda har bir kolonnada 30—60 tagacha tarekaları bo'ladi (ular gorizontall tekislikda o'rnatilgan bo'ladi). Haydab ajratib olinadigan fraksiyalarning qaynash haroratini pasaytirish uchun hamda uglevorodlarning termik parchalanishini oldini olish uchun ko'pincha suv bug'i bilan haydaladi.

### Neftni qayta ishlashning fizik usullari texnologiyasi

Neftni qayta ishlash va qaynash harorati farqiga qarab alohida fraksiyalarga (distillatlarga) ajratish bir bosqichli yoki ikki bosqichli uskunalarda amalga oshiriladi. Birinchi holda jarayon atmosfera bosimida olib boriladi. Bunda turli motor yoqilg'ileri va mazut (ular kimyoviy qayta ishlanadi) hosil bo'ladi. Ikki bosqichli qurilmalarda neft avval atmosfera bosimida haydalib motor yoqilg'isi va mazut olinadi. So'ngra mazutdan past bosimda haydab turli surkov moylari va gudron olinadi. Gudron keyin qayta ishlanib pek, asfalt va neft koksi olinadi.



94-rasm. Atmosfera vakuumli qurilmada neftni haydash:

1,2 — quvursimon pechlar; 3,4 — rektifikatsiya kolonnalari; 5 — nasos; 6,9,12,13 — issiqlik almashtirgichlar; 7,10 — kondensatorlar; 8 — benzin qabul qilish qurilmasi; 11 — gazoyl qabul qilish qurilmasi.

Ikkala bosqichni birlashtirish katta iqtisodiy samara beradi va bunday qo'shma uskuna atmosfera-vakuimli quvursimon qurilma (AVQ) deyiladi. AVQning sxemasi 94-rasmda berilgan.

Unda neft nasos (5) bilan (6,9,12,13) – quvursimon issiq almashtirgichlarga navbat bilan ko'tarib beriladi, u yerda 170–180° C gacha qizdiriladi so'ngra quvursimon pech (1)ga o'tib 320° C gacha qizib suyuq va bug' holatda rektifikatsiya kolonnasi (3)ning ostki qismiga boradi. U yerda bug'lanadi va bug' mazutning suyuq qismidan ajraladi. Bug' yuqoriga ko'tarilib fraksiyalarga: solyar moylari (300–350° C 5%), kerosin (200–300° C, 19%), ligroinga (160–200° C, 8%) ajraladi. Bu fraksiyalar sovitilgach yig'gichlarga borib yig'iladi. Benzin (170° C gacha 15 %) kolonnaning yuqori qismidan bug' holatda chiqarib olinadi va avval issiqalmashtirgich (6)dan (toza neft bilan), so'ngra kondensator (7)da kondensatlangan suyuq holda suvdan ajratish uchun tindirgich (8)ga oqib o'tadi. Olingan benzinning bir qismi yuqori haroratda qaynovchi fraksiya bug'larini kondensatlash uchun kolonnani sug'orishga qaytariladi. Bu benzin sifatini yaxshilaydi. Kolonnaning ostki qismidan neftning asosiy tarkibiy qismlarini qaynash haroratini pasaytirish uchun o'tkir bug' kiritiladi.

Birinchi kolonnaning ostidan oqib chiqqan issiq mazut (55 %) 270–280° C haroratda quvursimon pech (2)ga olib boriladi. U yerda 400–420° C gacha qiziydi va 8–11 KPa bosimda vakuum ostida ishlovchi 4-kolonnaga yo'llanadi. Kolonnaning ostki qismidan qattiq qizigan bug' kiritiladi. Bug' avval gudrondan ajraladi, keyin yuqoriga ko'tarilib silindr, mashina va vereten moyi fraksiyalarga ajraladi. Ular sovitiladi va yig'ichga yuboriladi. Og'ir gazoyl kolonnadan bug' holda chiqariladi va issiqalmashtirgich (9)da, hamda kondensatorida sovitilib yig'gichga yuboriladi. Uning bir qismi kolonnani sug'orish uchun qaytariladi.

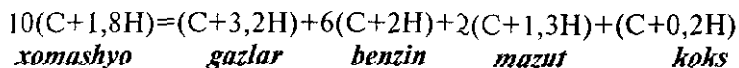
Kolonnaning ostki qismidan suyuq qoldiq gudron chiqarib olinadi. Shunday yo'l bilan olingan fraksiyalar oltingugurt va kislorod saqlovchi birikmalardan tozalanadi va zaruriy miqdorda sifatini yaxshilovchi moddalar qo'shilgach tayyor motor yoqilg'isi va surkov moylari sifatida ishlatiladi. Olingan mahsulotlarning sifati va miqdori qayta ishlanadigan neftning tarkibiga bog'liq bo'ladi.

### **Neft va neft mahsulotlarini qayta ishlashning kimyoviy usullari texnologiyasi**

Neft mahsulotlarini yuqori harorat va bosim ostida chuqur destruksiyaga – krekingga olib keluvchi jarayonlar bilan bog'liq. Bunda uglevodorod molekularining parchalanishi bilan bir qatorda barqaror moddalar sintezlanishi bilan bog'liq bo'lgan ikkilamchi jarayonlar ham ketadi.

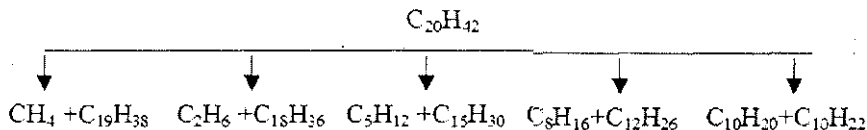
Kreking dastlabki xomashyoga va uglevodorodlar parchalanishining chuqur va sayozligiga qarab 450–720° C da va 7 MPa gacha bosimda turli: termik kreking, riforming, piroliz va kokslash usullarida amalga oshiriladi. Bu usullarning hammasi ham qo‘shimcha ravishda motor yoqilg‘isi hamda neftkimyo sanoati uchun gazsimon mahsulotlar olish imkonini beradi.

Turli sinf uglevodorodlarining termik parchalanish jarayonlarining murakkabligiga qaramay ba’zi bir umumiy qonuniyatlarni ko‘rish mumkin. Krekingning barcha turlari vodorod atomlari taqsimlanishi bilan xarakterlanadi, ya’ni yengil komponentlarning vodorodga boyishi og‘ir komponentlarning esa dastlabki xomashyoga nisbatan vodorodlar miqdorining kamayishi jarayoni kuzatiladi. Masalan, bir qurilmada boruvchi jarayonni quyidagi tenglama bilan ifodalash mumkin:



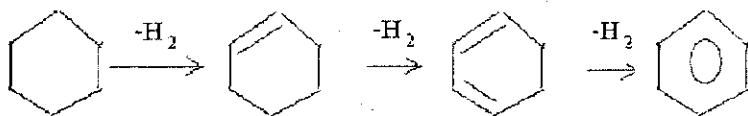
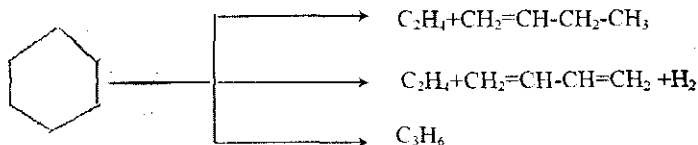
Termik kreking jarayonlarining ko‘pchiligi zanjirli radikal mexanizm asosida boradi, uning boshlang‘ich harorati va tezligi uglevodorodlarning termodinamik barqarorligi bilan bog‘liq bo‘ladi.

Neft xomashyosining tarkibida tuzilishi juda xilma-xil bo‘lgan turli xildagi uglevodorodlar bo‘ladi, tabiiyki, ularning termik barqarorligi ham turlicha bo‘ladi. Yuqori haroratda uglevodorodlar, ayniqsa parafinlar uchun degidrogenlanishdan ko‘ra uglerod bog‘ining uzilishi bilan boradigan jarayonlarning termodinamik jihatdan ehtimoli yuqori. Parafin uglevodorodlarning molekular massasi qanchalik katta bo‘lsa molekulaning (zanjirning) o‘rtasidan uglerod–uglerod bog‘ining uzilish ehtimoli ham shunchalik yuqori bo‘ladi. Masalan, eykozan parafinining termik kreking quyidagi asosiy mahsulotlarning hosil bo‘lishiga olib keladi:



To‘yingan va to‘yinmagan uglevodorodlarning miqdoriy nisbati teng bo‘lganda, reaksiyon aralashmada mahsulotlarning miqdoriy nisbati chapdan o‘ng tomonga keskin oshadi.

Naften uglevodorodlarning termik barqarorligi parafinlarga nisbatan ancha yuqori bo‘ladi. Yuqori haroratda naftenlar uchun degidrogenlanish va zanjirning uzilishi bilan boradigan reaksiyalar xarakterlidir.



**sikloheksan**

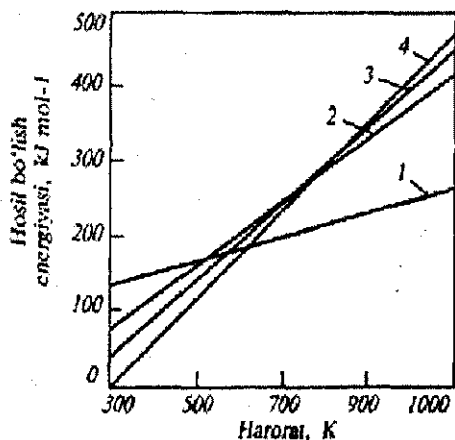
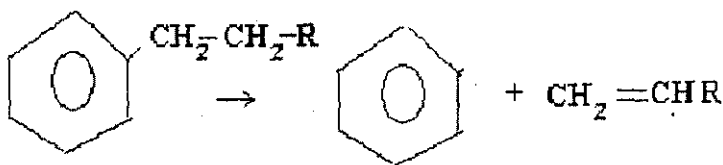
**sikloheksen**

**sikloheksadien**

**benzol**

Alkilalmashgan naftenlar krekning yon zanjirning uzilishi bilan boshlanadi. Aromatik uglevodorodlar nisbatan termik barqaror hisoblanadi. Ular orasida eng birinchi alkilalmashilgan hosilalari benzol va alken hosil qilib parchalanadi.

Yuqori haroratda aromatik uglevodorodlar kondensatlanishi ham mumkin, bu holat koks hosil bo'lishiga olib keladi. Turli sinf uglevodorodlarning oddiy moddalardan hosil bo'lish energiyasini haroratga bog'liqlikdan kelib chiqqan



holda (95-rasm) krekning mahsulotlarining yuqori haroratda termodinamik barqarorligi quyidagi tartibda kamayadi:

Aromatik uglevodorodlar – alkenlar – naftenlar – parafinlar.

Tegishli ketma-ketlikda parchalanish tezligi ham ortadi. Demak, birinchi navbatda

**95-rasm.** Uglevodorodlarning oddiy moddalardan hosil bo'lish energiyasining haroratga bog'liqligi. 1 – benzol; 2 – geksan; 3 – sikloheksen; 4 – geksan.

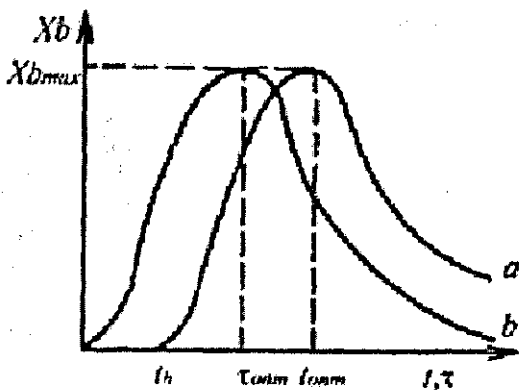
parafin uglevodorodlar va naftenlar parchalanadi va aromatik uglevodorodlarning to'planishi kuzatiladi. Kreking mahsulotlarida aromatik uglevodorodlari ulushining ortishi ikkilamchi jarayonlar hisobiga ham (masalan, dienli sintez) bo'ladi.

Neftni termik qayta ishlashdan asosiy maqsad benzin ishlab chiqarishdir. Benzin unumining haroratga bog'liqligi (a egri chiziq) va uni ta'sir qilish vaqti (b egri chiziq) 96-rasmda berilgan. Haroratning ortishi bilan benzinni unumi beqaror og'ir uglevodorodlar parchalanish tezligining ortishi hisobiga ko'payadi va qandaydir optimal haroratda maksimumga ( $X_b$ , maks) yetadi. Haroratning yanada ko'tarilishi, yengil uglevodorodlarning parchalanib gazlar hosil qilishi natijasida benzin unumini kamaytiradi.

Termodinamika qonunlariga muvofiq bosim parchalanish tezligiga ta'sir etmaydi, ammo muvozanatni hajmning kamayishi tomonga siljitadi. Ya'ni gazlar hosil bo'lishi bilan boradigan reaksiyalarni sekinlashtiradi va kichik molekular massaga ega bo'lgan olefinlarni ikkilamchi reaksiyalarga kirishishi hamda parafinlarning alkilaniish reaksiyalariga qulay sharoit yaratadi. Demak, bog'liqlik egri chizig'i  $X_b=f(r)$  benzinning egri chizig'i yuqori unumga mos keluvchi maksimum  $X_b=f(t)$  egri chizig'i bilan bir xil. Shuning uchun ham benzinning yuqori unum bilan chiqishini ta'minlash uchun jarayonni yuqori bosimda olib borish, aksincha krekingning yengil fraksiyalarini unumini oshirish uchun esa past bosimda, yuqori haroratda olib borish maqsadga muvofiqdir.

Uglevodorodlarning yuqori harorat sharoitida bo'lish vaqti ham kreking jarayonining borishiga ta'sir etadi (96-rasm b egri chizig'i).

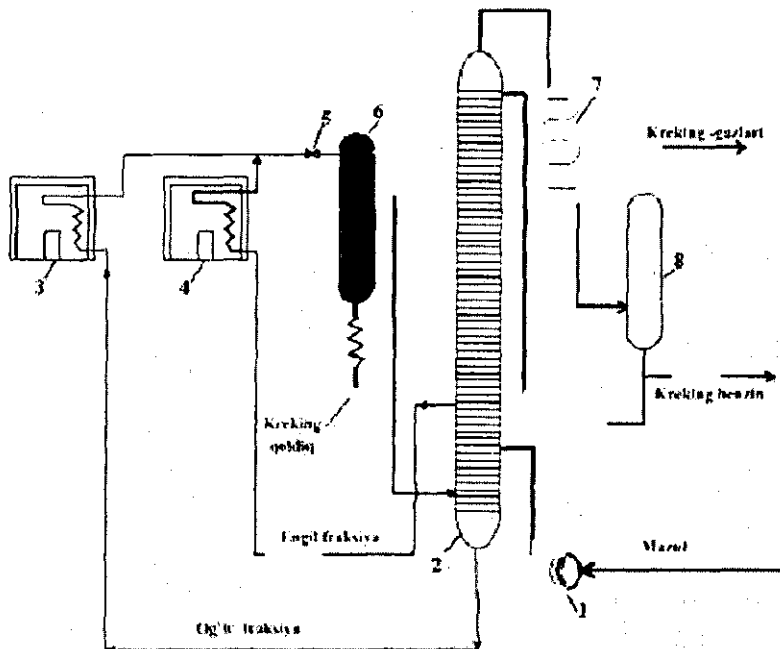
O'zgarmas harorat va bosimda benzinning unumi (qandaydir haroratda



96-rasm. Benzin unumining haroratga va xomashyoning reaktorda bo'lish vaqtiga bog'liqligi.

( $t_{opt}$ ) optimal qiymatga yetguncha ortadi. Jarayon davomiyligining ortishi (vaqtning uzayishi) bilan benzinning unumi yengil uglevodorodlarning gaz hosil qilish bilan parchalanishi hisobiga kamaya boshlaydi. Benzinning unumini maksimumga yetkazish uchun kreking jarayonini shunday olib borish kerakki, xomashyo reaktordan bir marta o'tganda u 50–70 % o'zgarishga uchrasin.

So'ngra benzin va kreking qoldig'ini ajratib olingach oraliq fraksiyalar yana krekingga uchratiladi va bunga xomashyoning bir qismini retsirkulyatsiya prinsipidan foydalanish tufayli erishiladi. Termik kreking qilish tufayli benzin, turli gazlar va kreking qoldig'i olinadi. Sanoatda xomashyoga bog'liq holda hamda maqsadga qarab 3 xil kreking qo'llaniladi.



97-rasm. Manzutni termik krekingi:

1 — nasos; 2 — rektifikatsiya kolonnasi; 3,4 — quvursimon pechlar; 5 — reduksion jo'mrak; 6 — bug'lantirgich; 7 — kondensator; 8 — separator.

1. Suyuq fazali kreking 470—540° C haroratda va 70 MPa bosimda 2 fazali suyuq-bug' sistemada boradi. Odatda bu usul bilan xomashyo og'ir fraksiyasi (masalan, mazut) retsirkulyatsiyani qo'llagan holda qayta ishlanadi. Bu jarayonning sxemasi 97-rasmda berilgan.

Mazut nasos (1) yordamida rektifikatsiya kolonnasi (2)ning ostki qismidagi tarelkalardan biriga olib boriladi, u yerda krekingning yonuvchi fraksiyalari bilan qo'shilib qisman parchalanadi. Kolonnaning ostki qismidan og'ir fraksiya chiqariladi va 470—480° Cda yengil krekinglash uchun quvursimon pech (4)ga jo'natiladi. Pechlardagi bosim 5—7 MPa bo'ladi. Kreking mahsulotlari (3) va (4) pechlardan reduksion jo'mrak (5)

orqali bug'lantirgich (6)dan tushadi, unda kreking qoldiq bug'lardan ajralib bo'lgach qurilmadan chiqarib olinadi. Bug'lar (benzin bug'lari va gazlar) bug'lantirgichdan, ajratish uchun reksifikatsiya kolonnasiga o'tkaziladi.

Kreking-gaz kondensator (7)dan o'tib separator (8)da benzindan ajratiladi. Olingan mahsulotlarning unumi kreking benzin bo'yicha 30 — 35 %, kreking-gaz bo'yicha 10—15 %, kreking-qoldiq bo'yicha 50—55 %ga teng bo'ladi. Kreking-benzinning tarkibida aromatik uglevodorodlar ko'p bo'lganligi uchun, uning oktan soni (70) oddiy haydash orqali olingan benzindan ancha yuqori bo'ladi.

Kreking-gazlar tarkibida etilen, etan, propilen, butilen va butan bo'ladi. Ular gazlarni ajratuvchi qurilmalarda (GAQ) fraksiyalarga ajratiladi va organik sintezning qimmatbaho xomashyosi sifatida ishlatiladi. Kreking-qoldiq bug' qozonlarning yoqilg'isi hisoblanadi yoki gudron, asfalt, neft koksi kabilarni olish uchun xomashyo sifatida qo'llaniladi.

**2. Bug' fazali kreking** kichikroq bosim va 600—630° C da haroratda yuqori oktanli benzin olish maqsadida olib boriladi. Bunda ligroinli fraksiya ishlatiladi. Bug' fazali krekingda benzin bilan bir atorda ko'p miqdorda qimmatli neft kimyo xomashyosi hisoblangan, tarkibida to'yinmagan uglevodorodlari ko'p bo'lgan gazlar ham olinadi.

**3. Piroliiz** bu yuqori haroratli kreking bo'lib, asosan etilen va boshqa to'yinmagan uglevodorodlarni olish uchun ishlatiladigan xomashyoning turiga qarab (tabiiy gaz, gaz kondensati, kerosin, gazoyl, ligroin) keng oraliqdagi haroratda (600—1200° C) amalda 670—720° C larda va atmosfera bosimida ligroinli yoki kerosinli fraksiyalarning chuqur parchalanishi hamda ikkilamchi jarayonlar natijasida xomashyoning xossasiga nisbatan 50 %gacha unum bilan gaz (tarkibida 30 % alkanlar saqlaydi) va 45—47 % moy olinadi. Moyni rektifikatsiyalab 20 % benzol, 16 % toluol va 2 % ksilol olinadi va ular qayta tozalangach, individual modda sifatida foydalaniladi.

**Kokslash** — neft qoldiqlari: mazut, kreking-qoldiq, gudronlarni 450—500° Cda havosiz joyda termik parchalash jarayoni bo'lib, uning natijasida qo'shimcha yoqilg'i — kulsiz (yonganda kul hosil qilmaydigan) koks olinadi.

Katalitik jarayonlar bugungi kunda neft mahsulotlarini krekinglab oktan soni yuqori bo'lgan va turli organik sintezlarda keng foydalanilayotgan gazlarni olish usullarining orasida asosiy o'rinni egallaydi. Katalitik jarayonlar termik jarayonlarga qaraganda katta tezlikda, nisbatan pastroq haroratda va pastroq bosimda boradi hamda u oltingugurtli neftlarni ham qayta ishlashga imkon beradi.

Katalizator sifatida g'ovak tashuvchilarga (moddalarga) shimdirilgan holdagi sintetik alumosilikatlar, platina, molibden va xrom oksidlari ishlatiladi. Katalitik kreking bu tipik geterogen kataliz bo'lib, dastlabki

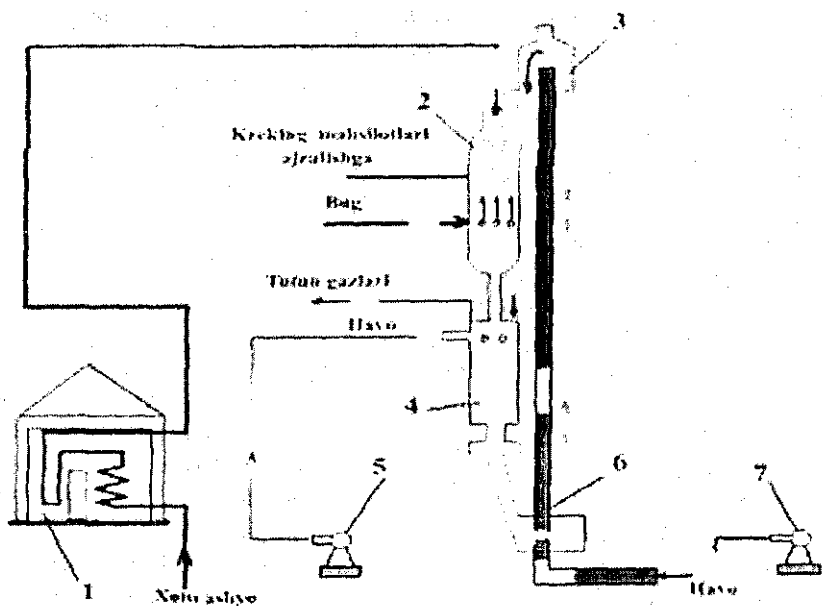


moddalarning gaz fazadan katalizator sirtiga xemosorbsiyalanishi, kimyoviy reaksiya, kreking mahsulotlarining katalizator sirtidan disorbsiyalanishi va ularning gaz fazaga diffuziyalanishi kabi ketma-ketlik tartibda boradi. Shuning uchun ham foydalaniladigan katalizatorlarning nisbiy sirti katta bo'lishi ( $\sim 700\text{m}^2/\text{g}$ ), yaxshi regeneratsiyalanish xossasiga ega bo'lishi, oltinugurt birikmalariga chidamli bo'lmog'i hamda mexanik mustahkam bo'lishi lozim. Katalizator sirtida boruvchi kimyoviy jarayonlar ionli xarakterga ega. Lekin bir vaqtning o'zida katalizatoridan tashqarida harorat ta'sirida zanjirli radikal jarayonlar ham boradi, ammo ular sust ketadi.

Katalitik kreking sharoitiga eng chidamli bo'lgan birikmalar normal tuzilishli parafinlar va almashmagan aromatik uglevodorodlardir. Olefinlar, naftenlar va uzun zanjirli yon o'rinbosarlari bo'lgan aromatik uglevodorodlar, chidamsiz bo'lib, ular birinchi bo'lib krekinga uchraydilar. Uzun yon zanjirli aromatik uglevodorodlar oddiy aromatik birikmalar va olefinlarga parchalanadilar. Kondensirlangan aromatik birikmalar o'rinbosarlarini yo'qotadi va yanada zichlashib koks hosil qiladi. Naftenlik uglevodorodlar katalizator sirtida degidrogenlanadi va yon zanjiming uzilishi hamda halqaning ochilishi bilan boradi, C-C bog'lari uzilib parchalanadi. Polisiklik naftenlar, yon o'rinbosarlar uzilgandan so'ng, oddiy aromatik uglevodorodlar hosil qiladi-yu, ammo ular qisman zichlashish mahsuloti sifatida katalizator sirtida qoladi.

Kreking natijasida hosil bo'lgan olefinlar C-C bog'dan uzilib parchalanadilar, izomerlanadilar, polimerlanadilar, gidrogenlanadilar, halqali uglevodorodlarga aylanib, degidrogenlanadilar va aromatik birikmalar hosil qiladilar. Kataliz sharoitida olefinlarning gidrogenlanish jarayoni katta ahamiyatga ega, chunki bunda birdaniga tarkibida kam olefin saqlovchi turg'un benzin hosil bo'ladi. Parafin uglevodorodlari katalizator sirtida parchalanadi va izomerlanadilar. Demak, katalizatorida krekinglashning muhim o'ziga xos tomoni shundaki, bunda tarkibida oktan sonini 98 gacha yetkazuvchi tarmoqlangan zanjirli to'yingan uglevodorodlar hamda aromatik uglevodorodlar saqlovchi yengil motor yoqilg'isi — benzin olinadi. Kreking jarayonida alumosilikatli katalizatorning sirtida qattiq koks o'tirib qolishi sababli uning aktivligi tezda pasayadi. Katalizator aktivligini qayta tiklash uchun uni  $550\text{--}600^\circ\text{C}$  da havo purkash orqali regeneratsiyalaydilar. Katalizator sirtini qoplab olgan koksning yonishi natijasida bir tomondan katalizator qayta aktiv holga o'tsa (regeneratsiyalansa), ikkinchi tomondan u qiziydi va regeneratordan reaktorga issiqlik olib o'tish vazifasini ham bajaradi.

Sanoatda katalitik kreking katalizator qavatining holati bilan farq qiluvchi uch turdagi qurilmalarda amalga oshiriladi: zarrachalari muallaq osilib turuvchi katalizator qavati yoki qaynovchi qavatli va kukunsimon



98-rasm. Katalizatori qo'zg'alib turuvchi reaktorda katalitik kreking sxemasi: 1 — pech, 2 — reaktor; 3 — bunker; 4 — regeneratori; 5, 7 — nasoslar; 6 — quvur.

katalizatorning muallaq zarrachalari oqimi tipida ishlashi bilan ular bir-biridan farq qiladi. Katalitik kreking 0,05–0,1 MPa bosimda 450–500° C da bug' fazada alumosilikatli katalizator ishtirokida amalga oshiriladi. 98-rasmda harakat qilib turuvchi katalizatorli krekingning sxemasi berilgan.

Xomashyo quvursimon pechda (1) 350–360° C gacha qizdiriladi va reaktorga (2) boradi. Reaktorga bunkerdan (3) 550–600° C haroratgacha qizigan katalizator ham kelib tushadi. Katalizator zarrachalari og'irlik kuchi hisobiga reaktorning yuqorisidan pastigacha tushadi, xomashyoni krekingga uchratadi hamda reaktorda o'z issiqligini o'tkazishi hisobiga haroratni 450–500° C da saqlab turadi. Katalizator regeneratorga (4) borishdan oldin sirtidagi yengil uglevodorodlarni desorbsiyalanishini kuchaytirish uchun bug' bilan ishlov beriladi. Kreking mahsulotlari reaktordan (2) chiqib, gaz va benzin fraksiyalarini bir-biridan ajratish uchun rektifikatsiya kolonnasiga yuboriladi. Regeneratorga (4) havo puflagich (5) yordamida katalizator sirtiga yopishib qolgan koksni yonish uchun to'xtovsiz havo berilib turiladi. Regeneratordan hosil bo'lgan tutun

gazlari bug' olish maqsadida utilizator qozoniga yuboriladi. Regeneratsiyalagan katalizator siqilgan havo yordamida tushuvchi qurilmaga tushadi, u yerdan havo puflagichdan (7) chiqqan siqilgan havo yordamida quvur (6) orqali bunkerga (3) o'tadi. Bunkerdan yana reaktorga (2) boradi. Katalitik kreking natijasida oktan soni 76—82 bo'lgan 70 % unum bilan benzin, 12—15 % bir atomdan to'rt atomgacha uglerod saqlovchi gazlar va 6 %gacha koks olinadi. Sanoatda katalizatori qaynovchi qavatda bo'lgan katalitik tipidagi qurilma keng tarqalgan. Bunday qurilmalarda katalizator sifatida siyrak yer elementlari bilan aktivlangan alumosilikatlardan (seolitlar) foydalaniladi.

Katalizatorni qo'llash energetik xarajatlarni kamaytirishga, qurilmalarning mahsuldorligini oshirishga, benzinning sifatini va miqdorini ko'paytirishga imkon beradi. Keyingi yillarda gidrokreking ham keng qo'llanilmoqda. Bu 6 MPa bosimda 360—450° C da alumosilikatlarga qo'shilgan metall (Ni,W,Co,Mo) katalizatorlarda amalga oshiriladi.

Katalitik riforming — oktan soni yuqori bo'lgan benzin yoki individual aromatik birikmalar olish maqsadida, oktan soni kichik bo'lgan benzin va ligroinni vodorodli muhitida qayta ishlash jarayonidir. Riformingda katalizator ta'sirida bir vaqtning o'zida quyidagi: olti a'zoli naftenlarning degidrogenlanishi, parafinlarning digidrogenlanib halqali birikmalarga aylanishi, besh a'zoli naftenlarning olti a'zoli birikmalarga degidrogenlanib izomerlanishi, parafin uglevodorodlarning gidrokrekingi va izomerlanishi reaksiyalari boradi. Co va Mo li katalizatorlar neft mahsulotlarining C li birikmalarini gidrogenlab H<sub>2</sub>S hosil qilinishiga olib keladi. Bu hol C li (C li birikmalari ko'p bo'lgan) neftlarni qayta ishlash imkoniyatini beradi.

Riforming ikki tipga —platforming va gidroformingga bo'linadi. Platforming fforlangan aluminiy oksidiga joylashtirilgan platina katalizatorida 480—510° C harorat va 2—4 MPa vodorod bosimida olib boriladi. Gidroforming alumolibdenli katalizator qavatda 1,7—1,9 MPa gaz bosimida amalga oshiriladi.

Neft mahsulotlarini tozalash. Haydash yo'li bilan va krekinglash orqali olingan neft mahsulotlari tarkibida olefinlar, diolefinlar, oltingugurtli, kislorodli va azotli birikmalar saqlaydi. Ular kimyoviy aktiv moddalar bo'lganligidan saqlash vaqtida oksidlanadilar va polimerlanadilar.

Neft mahsulotlarini tozalashning usullari kimyoviy va fizik-kimyoviyga bo'linadi. Kimyoviy tozalash usullariga: gidrotozalash va sulfat kislota bilan tozalashlar kiradi. Fizik-kimyoviyga adsorbsion va absorbsion tozalash usullari kiradi.

Sulfat kislota bilan tozalash usuli katta miqdorda o'yuvchi reagentlar talab qiladi va bundan foydalanish qiyin bo'lgan chiqindilar hosil bo'ladi. Shuning uchun hozirgi davrda gidrotozalash usuli keng tarqalgan, bu usul

neft mahsulotlarini oltingugurtli neftdan olish imkonini beradi. Bu usul 380 — 420°C va 3 — 4 MPa bosimda neft mahsulotlarini kobalt-molibdenli katalizatorlar ishtirokida selektiv gidrogenlashga asoslangan. Natijada oltingugurt, kislorod va azotning organik birikmalaridan uglevodorodlar hamda ajralib chiqishi oson bo'lgan  $H_2S$ ,  $NH_3$  va  $H_2O$  hosil bo'ladi.

Shu bilan bir qatorda dienlarning va aktiv olifinlarning gidrogenlanib to'yingan uglevodorodlar hosil qilish jarayoni ham boradi. Gidrotozalashda riforming natijasida olinadigan arzon vodoroddan foydalaniladi.

Adsorbsion usullar. Bunda neft mahsulotlari adsorbentlar — tabiiy tuproq, boksit, silikagel kabilar bilan aralashiriladi, ularning yuzasiga birinchi navbatda oltingugurt, azot va kislorod saqlovchi birikmalar hamda diolefinlar adsorblanadi.

Absorbsion usullar. Kerosin va moylarning zararli aralashmalarini ular bilan aralashmaydigan suyuqliklarda tanlab erib o'tish xossasiga asoslangan. Shunday suyuqlik sifatida suyuq oltingugurt (IV)oksidi, furforol, nitrobenzol, dixloretan, etil-efiri va boshqalar qo'llaniladi. Erituvchilar haydash yo'li bilan regeneratsiyalanadi.

## 11.5. Gazsimon yoqilg'ilar

Yonuvchi gazlarga: tabiiy va yo'ldosh gazlar, neftni qayta ishlashdan hosil bo'lgan gazlar (kreking, riforming, piroliz gazlari), generator gazlari koks va domna gazlari kiradi. Ular yoqilg'i sifatida hamda kimyo sanoatining xomashyosi sifatida foydalaniladi. 1940-yillargacha dunyoda xalq xo'jaligining gazga bo'lgan talabi qattiq yoqilg'ilarni qayta ishlashdan hosil bo'lgan sintetik gaz hisobiga qondirilib kelingan bo'lsa, hozirgi davrda esa asosan tabiiy va neft gazlari hisobiga qondirilmoqda. Tabiiy gaz tarkibida qo'shimcha sifatida ozroq noorganik gazlar (vodorod sulfid, uglerod (IV) oksidi, azot, geliy va boshqalar) aralashmasini saqlovchi metan qatoridagi gazsimon uglevodorodlar aralashmasidan iboratdir. Tarkibida neft bo'lmagan, yer ostida to'plangan gazlarni tabiiy gaz, uning konlarini gaz konlari deyiladi. Neft olganda u bilan aralashib chiqadigan gazlarni yo'ldosh yoki neft gazlari deyiladi. Tabiiy gaz asosan metandan tashkil topgan, neft gazlari esa metandan tashqari anchagina uning gomologlarini ( $C_2$  dan  $C_5$  gacha) ushlaydi. Gaz kondensati konlari ham uchraydi. (Tabiiy gaz konlaridan gaz chiqqanda bosim kamayib, undan suyuq uglevodorodlar kondensati ham ajralib chiqadi.) Bu yer ostida qanchalik chuqurlikda joylashgan bo'lsa, uning tarkibida kondensat miqdori ham shunchalik ko'p bo'ladi. Ba'zi gaz konlaridagi gazning tarkibi 8-jadvalda berilgan.

Gaz sanoatining jadal sur'atlar bilan rivojlanishi gazning ajoyib

yoqilg'i ekanligi bilan bog'liq. U yonganda to'liq yonadi, tutun va zaharli moddalar, kul hosil qilmaydi, qulay va iqtisodiy jihatdan arzon, siqilgan va suyultirilgan holda saqlash mumkin, qazib olish ancha arzon (shartli yoqilg'i birligiga aylantirib hisoblanganda ko'mir qiymatining 10 %ini tashkil etadi). Mamlakatda ishlatiladigan jami gazning 55 %i sanoatga sarflanadi, 26 %i elektr stansiyalarda yoqiladi, 15 %i turmush ehtiyojlari uchun va 4 %i xalq xo'jaligining turli tarmoqlarida sarflanadi. Hozirgi kunda po'latning 90 %, cho'yanning 85 %, sementning 60 % va o'g'itning 85 %i gazdan foydalanib ishlab chiqarilmoqda. Tabiiy gazning barcha tarkibiy qismlaridan kimyo sanoatida keng foydalaniladi. Ayniqsa neft kimyo sanoati uchun neftni qayta ishlashdan hosil bo'lgan to'yinmagan uglevodorodlar saqlovchi gazlar muhim xomashyodir. Neftni qayta ishlash natijasida qayta ishlash usullariga qarab hosil bo'lgan gazlarning tarkibi (o'rtacha) 9-jadvalda berilgan.

### 9-jadval

#### Neftni qayta ishlash natijasiga qarab hosil bo'lgan gazlarning tarkibi

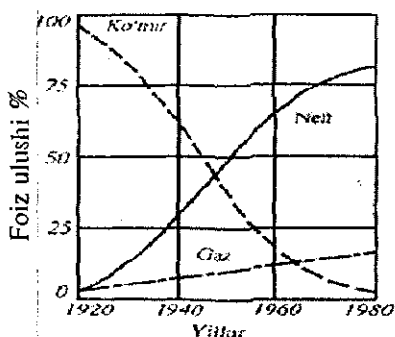
Neftni qayta ishlash usullari	Gazlarning tarkibi va ulushi % (hajm bo'yicha)							
	H	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>
Suyuq fazali kreking	3,5	45	17,5	13	5,5	2,5	7	4,5
Piroliz	12	56	6	0,5	0,2	17	7,5	4,5
Katalitik kreking	5,5	10	4	18	44	3	9	45
Katalitik riforming	9	7	13	37	35	-	-	-

Gaz quduqlarini qazish neft qazishdan amalda farq qilmaydi. Respublikamizda sanoat miqyosida gaz qazib olish asosan 1965-yillardan keyin boshlandi. Foydalaniladigan yirik gaz konlari Buxorodagi: Gazli, Qorovulbozor, Dengizko'l, Jarqoq; Qashqadaryodagi: Sho'rtan, Zevarda, Shimoliy va Janubiy Muborak, O'rtabuloq, Pomir, Qoraqum, Qultoq, Alan va boshqalar, jami 30 dan ortiq, O'zbekiston 1976-yilga kelib 36,1 mlrd m<sup>3</sup> gaz ishlab chiqardi. Bu Bolgariya, Chexiya va Slovakiya, Angliyada ishlab chiqarilgan gazlarning hammasini qo'shib hisoblagandagi miqdordan ham ortiqdir. Hozirgi paytda Respublikamiz Yaponiya, Fransiya, Angliya kabi rivojlangan mamlakatlarni qo'shib hisoblaganda ham ulardan ko'proq gaz ishlab chiqarmoqda, Respublikamizda 55—60 mlrd m<sup>3</sup> gaz zaxirasi aniqlangan.

## XII bob. ORGANIK SINTEZ SANOATI

### 12.1. Organik sintezning xomashyosi va tipik kimyoviy texnologik jarayonlar

Organik birikmalarni ishlab chiqarish qadimdan boshlangan, ammo u uzoq yillar davomida tabiiy materiallar tarkibidagi mahsulotlarni (qand-shakar, skipidar, o'simlik va hayvon moy va yog'lari va boshqalar) ajratib olishga asoslangan yoki murakkab tabiiy mahsulotlarni oddiy moddalarga (ozuq-ovqat mahsulotlarini spirt va sirka, yog'larni sovun va glitseringacha) parchalashga asoslangan edi. XIX asrning o'rtalariga kelib organik kimyo taraqqiyotida yirik muvaffaqiyatlar qo'lga kiritildi. A. M. Butlerovning organik moddalarning tuzilish nazariyasi yaratildi, fizikaviy, kimyo va texnik fanlarning yutuqlari, toshko'mirni kokslashdan hosil bo'luvchi qo'shimcha mahsulotlarga asoslangan xomashyo bazasining yaratilishi va boshqalar organik sintezning paydo bo'lishiga, ya'ni oddiy moddalardan murakkab moddalarni olishga olib keldi. Organik kimyoning dastlabki yutuqlari tabiiy materiallarni (tabiiy bo'yoqlar, dori-darmonlar, hid beruvchi moddalar) sintetikka almashtirishga qaratildi. Keyinchalik esa asta-sekinlik bilan tabiatda uchramaydigan (portlovchi moddalar, yuqori molekular birikmalar) birikmalarni sintezlashga o'tildi. O'tgan asrning 30—50-yillarida tabiiy gaz va neft qazib olish hamda uni qayta ishlash sohasidagi ulkan muvaffaqiyatlar organik sintezning gurkirab rivojlanishi uchun mustahkam xomashyo bazasini yaratdi. Toshko'mir xomashyosining neft mahsulotlari ashyosiga almashtirishga bo'lgan moyillik 99-rasmda yaxshi ifodalangan.



99-rasm. Sanoat organik sintezida turli xomashyo turlari rolining o'zgarishi.

Bunday almashinish jarayonida yangi neft kimyo sintezi deb ataluvchi termin paydo bo'ldi. Bu sintezning yangi xomashyo bazasiga asoslanganligini ko'rsatadi xolos, biror mahsulotni qanday xomashyodan (toshko'mir xomashyosidan yoki neft xomashyosidan) foydalanib sintezlanishidan qat'i nazar ularni ishlab chiqarishda prinsipial farq bo'lmaydi. Organik sintez sanoati xomashyo sifatida: galogenlar va ularning birikmalaridan, kislotalar, oksidlar, ishqorlar, ammiak, vodorod, suv, havo va boshqalardan foydalaniladi. Bu

moddalar organik mahsulotlariga turli atomlar va funksional guruhlarni kiritish uchun, bir moddani bir qancha boshqa moddalarga aylantirish uchun, individual moddalarni ajratib olish va tozalash uchun foydalaniladi.

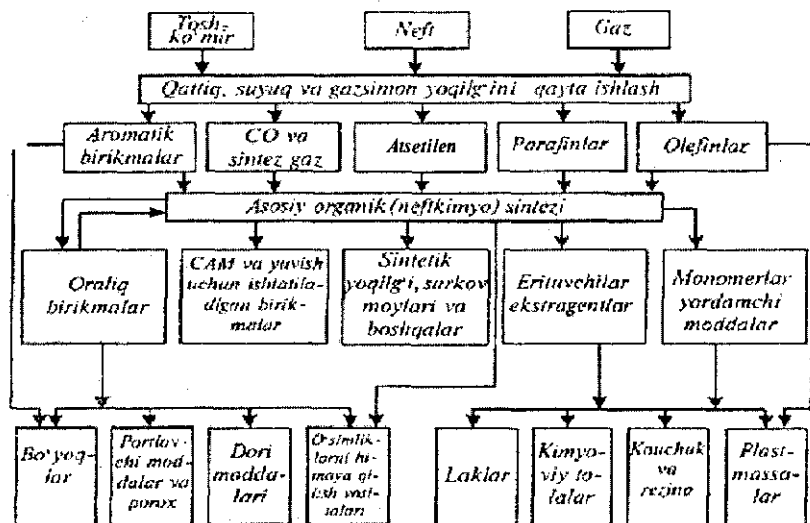
Organik sintez o'z taraqqiyotining boshlang'ich etaplarida oxirgi asosiy mahsulot bilan oraliq yarim mahsulotlar (alkenlar, galogenli hosilalar, spirtlar, aldegidlar, ketonlar, fenollar, aminlar va boshqalar) ishlab chiqarishni qo'shib olib bordi. Keyinchalik organik sintezdan bir qancha o'ziga xos ishlab chiqarishlar: plastmassalar, sintetik kauchuklar, kimyoviy tolalar, bo'yoqlar, dori-darmonlar texnologiyalari ajralib chiqdi. Hozirgi zamon organik sintez sanoati ikki muhim maqsadga qaratilgan:

1) keng ko'lamlı ishlab chiqarish, bunda (o'n va yuz ming tonnalab ishlab chiqariladi) sanoatning boshqa tarmoqlari uchun yarim mahsulotlar (masalan, yuqori molekular birikmalar uchun monomerlar) ishlab chiqariladi;

2) bir qancha tayyor mahsulot (yuvish vositalari, kimyoviy zaharli birikmalar, erituvchilar va boshqalar) ishlab chiqarish.

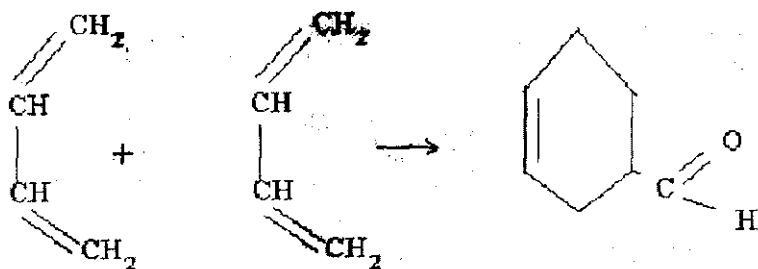
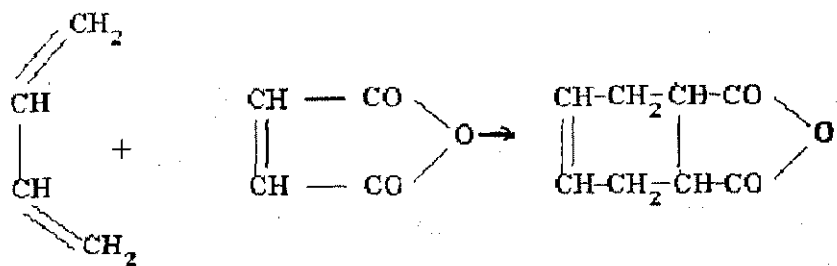
Bugungi kunda organik sintez mahsulotlaridan u yoki bu darajada foydalanmaydigan xalq xo'jaligining biror tarmog'i yo'q. Buni 100-rasmda yaqqol ko'rish mumkin.

Organik sintez sanoatidagi taraqqiyot ma'lum darajada yangi reaksiyalarni kashf etilishi va uni ishlab chiqarishga tatbiq etilishiga bog'liq. Ko'pincha prinsipial yangi reaksiya organik kimyodan yangi davrni boshlab beradi.

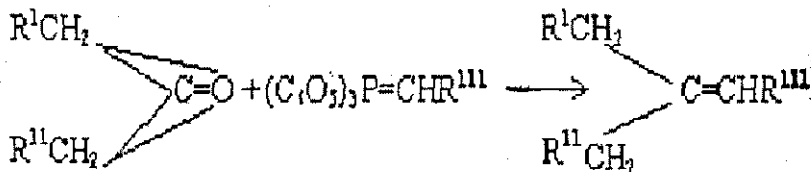


100-rasm. Asosiy organik sintezning xalq xo'jaligidagi roli.

Masalan, 1928-yilda 1—4 holatda bog‘langan dien sistemalariga ikkilamchi va uchlamchi bog‘lanish (dienofillar) tutgan moddalarning birikib olti a‘zoli sikllar hosil qiladigan dien sintezi reaksiyasi (O. Dils va K. Alder) ochilgan edi.



Bu reaksiya turli-tuman siklik birikmalardan tortib, to murakkab politsiklik sistemalar, masalan, steroid va so‘ngra geterotsiklik sistemalar kabi ko‘pincha yangi sintetik moddalar olishning asosi bo‘lib qoldi. Vittig reaksiyasi



olefinlar sintez qilishning yangi usulining asosi bo‘lib qoldi. Ular esa ko‘pgina mahsulotlar ishlab chiqarish uchun ajoyib xomashyo hisoblanadi. Fazalararo katalizdan foydalanish organik sintez taraqqiyotida yangi bosqich bo‘ldi, bunda reaksiyon aralashmaga maxsus moddalar — fazalararo ko‘chiradigan



katalizatorlar (ammoniyli, fosfoniyl tuzlar, kraun-efirlar) qo'shiladi. Bu moddalar, masalan, anionlarni suvli yoki qattiq fazadan organik fazaga ko'chirishga yordam beradi, u yerda bular reaksiyaga kirishadi. Fazalararo katalizatorlar samara beradigan reaksiyalar soni juda ko'p va ular karbonionlar ishtirokidagi (Klyayzen, Mixael, Vittig, Xorner va boshqalarning reaksiyalari, C-alkillash, birikish reaksiyasi va boshqalar) barcha reaksiyalarni o'z ichiga oladi. Fazalararo katalizning oksidlanish reaksiyalarida qo'llanilishi istiqbolli hisoblanadi, bunda organik modda suvda oksidlovchi esa organik erituvchida erimaydi. Masalan, benzolda erimaydigan kaliy permanganat oz miqdorda kraun-efir qo'shilganda tarkibida  $MnO_4^-$  ioni bo'lgan kuchli oksidlovchi bo'lib xizmat qiladigan malinali benzol deb ataluvchi moddani hosil qiladi.

Ayniqsa, element organik birikmalarning (1926-yilda borazol, 1963-yilda karboron va uning analoglari  $600^\circ C$  gacha issiqlikka chidamli, silikonlar, silikonli kauchuk  $-60$  dan  $+200^\circ C$  gacha chidamli, fosfororganik birikmalar, ftoroorganik birikmalar, masalan, teflon  $400^\circ C$  gacha issiqlikka chidamli) sintezlanishi organik sintez mahsulotlari ishlab chiqarishga keng yo'l ochib berdi.

Organik sintezga chiqaradigan mahsulot turlarining (assortimentini) to'xtovsiz kengaytira borish va yangilab borish bilan birga dinamik rivojlanib, o'sib borish xarakterlidir, ya'ni yangi uskunalar va jarayonlarda o'zlashtirish, mukammal texnologiyani ishlab chiqarishga kiritish, avtomatlashtirish va mexanizatsiyalashtirishning samaradorligi yuqori bo'lgan vositalari bilan ishlab chiqarishni jihozlash va shu kabilar. Organik sintez sanoatning yaqin kelajakdagi vazifasi ishlab chiqarishning energiyaga bo'lgan talabini kamaytirishdir. Atrof-muhitga zararli ta'sirini kamaytirish maqsadida xomashyoni qayta ishlashning samaradorligini oshirish va chiqindi miqdorini kamaytirishdan iboratdir. Organik sintez mahsulotlarini sanoat miqyosida ishlab chiqarish uchun har xil reaksiyalardan: galogenlash, sulfolash, nitrolash, oksidlanish-qaytarilish gidrogenlash va digedrogenlash, gidratlash va degidratlash, sikllanish, izomerlanish, kondensatlanish, polimerlanish, etrifikatsiya alkillash va boshqalardan keng foydalaniladi. Bunda oddiy moddalardan ancha murakkab bo'lgan moddalar olinadi (uglerod zanjiri uzaytiriladi). Ba'zi hollarda dastlabki modda molekulasida uglerod sonini o'zgartirmay, uning tuzilishini va reaksiyon qobiliyatini o'zgartirishga muvaffaq bo'linadi yoki dastlabki moddaning uglerod zanjirini parchalab yangi mahsulotlar olinadi. Ko'pchilik organik reaksiyalar kinetik hududda boradi va reaksiyaning umumiy tezligi, reaksiyaning tezlik tenglamasi bilan aniqlanadi:

$$V = dx/dt = K \cdot DC$$

Bu jarayonning harakatlantiruvchi kuchi HK reaksiya tartibini

ko'rsatuvchi kinetik tenglamaga asosan, reaksiyaga kirishuvchi moddalarning konsentratsiyalari ko'paytmasiga teng. Tezlik konstantasi esa Arrenius tenglamasiga bo'ysunadi.

Organik sintez jarayonida bir vaqtning o'zida bir qancha parallel va ketma-ket reaksiyalar boradi. Ketma-ket reaksiyalarda ko'pchilik hollarda ulardan biri jarayon tezligini limitlaydi, belgilaydi. Jarayonning umumiy tezlik konstantasi  $K$  elementar reaksiyalar tezligining murakkab funksiyalari bilan ifodalanishi mumkin  $K=f(K_1, K_2, K_3, \dots)$ .

Maqsadli mahsulot bo'yicha (olinishi maqsad qilib qo'yilgan mahsulot) jarayonning selektivligi, asosiy va qo'shimcha reaksiyalar tezlik konstantalarining nisbatlari bilan aniqlanadi. Shu sababli organik sintez jarayoni intensivlashtirish uchun faqat asosiy reaksiyani tezlashtiradigan yoki ketma-ket boruvchi reaksiyalarning me'yorli bosqichlarini tezlashtiruvchi selektiv katalizatorlardan foydalaniladi. Organik sintezda kimyoviy-texnologik jarayonlarni intensivlash usullarini qo'llashda ko'pchilik hollarda dastlabki, oxi:gi yoki oraliq birikmalarini barqarorlashtirish bilan chegaralanadi, chunki ular termik parchalanadilar yoki qo'shimcha mahsulotlarga aylanib qoladi. Bunday hollarda jarayonning tezlik konstantasini oshirish uchun katalizator bilan bir qatorda turli ion yoki radikal xarakterdagi, fotosintez, radiatsion nurlantirish, lazerli nurlantirish, elektrkimyoviy ta'sirlar natijasida parchalanadigan turli initsiatorlardan foydalaniladi. Masalan, ko'pgina monomerlarni polimerlash uchun turli xildagi peroksidlardan foydalaniladi, yuvish vositasining tarkibiy qismlaridan birini olish uchun ultrabinafsha nurlar bilan nurlantirib, sulfoxlorlanadi, polimerlarni "tikish" va kauchukni vulqonlashda radiatsion nurlantirishdan foydalaniladi.

Organik sintez sanoatning muhim ahamiyatlardan biri yaqin yillar ichida sovun, olif, surkov moylari, spirt kabi o'nlab mahsulotlar ishlab chiqarish uchun katta miqdorda oziq-ovqat mahsulotlari ishlatilishiga chek qo'yish, ular o'rniga sintetik xomashyo ishlatish, oziq-ovqat mahsulotlarini esa faqat nozik mahsulotlarga aylantirishdan iboratdir.

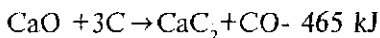
Hozirgi zamon organik sintez sanoati korxonalari har turli texnologik sexlarning birlashtirilgan kompleksidan iboratdir. U nafaqat maqsadli mahsulotlar ishlab chiqaradi, balki ko'pgina qo'shimcha mahsulotlarni ushlab qolish va qayta ishlash qurilmalarini ham o'z ichiga oladi.

Organik sintez o'z taraqqiyotining boshlang'ich etaplarida oxirgi asosiy mahsulot bilan oraliq yarim mahsulotlar (alkenlar, galogenli hosilalar, spirtlar, aldegidlar, ketonlar, fenollar, aminlar va boshqalar) ham ishlab chiqarishni qo'shib olib bordi. Keyinchalik organik sintezdan birqancha

o'ziga xos plastmassalar, sintetik kauchuklar, kimyoviy tolalar, bo'yoqlar, dori-darmonlar ishlab chiqarish texnologiyalari ajralib chiqdi.

## 12.2. Atsetilen ishlab chiqarish

Hozirgi paytda atsetilen kalsiy karbidan va uglevodorodlarni asosan tabiiy gazni piroliz qilish yo'li bilan olinadi. Kalsiy karbid elektrotermik pechlarda ohak va koksdan aralastirib tayyorlangan shixtani 1700–1800 °C da qizdirib olinadi.



Kalsiy karbid suv bilan birga atsetilen va kalsiy gidroksidga aylanadi.

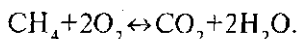


Bu usulning kamchiligi asosan unda juda ko'p elektr energiyasi (1 t atsetilenga 10–11 ming kv t s) sarflanishi, foydalanadigan uskuna va uskunalarining kattaligi hamda katta miqdorda foydalanish qiyin bo'lgan chiqindining hosil bo'lishidir.

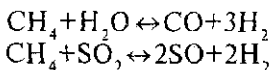
Shuning uchun ham keyingi yillarda sanoatda atsetilen ishlab chiqarishning asosiy usuli uglevodorodli ashyolarning pirolizi bo'lib qoldi. Piroliz usullari gaz aralashmasiga issiqlikni berish usullari bilan bir-biridan farq qiladi. Uglevodorodlarni parchalash uchun yetarli bo'ladigan yuqori harorat quyidagi uch usulda olinadi:

1. Elektr yoy yordamida (elektrokreking).
2. To'g'ridan to'g'ri yoki regenerativ qizdirish (termik kreking).
3. Xomashyoning bir qismini yoqish orqali (termoksidlash pirolizi).

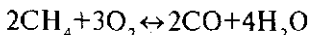
Bulardan keng qo'llaniladigani termoksidlash pirolizi usulidir. Bunda tabiiy gaz to'liq oksidlanishiga yetarli bo'lmagan miqdorda kislorod yoki kislorodga boyitilgan (40% gacha  $\text{O}_2$ ) havo bilan aralastirilib yoqiladi, bunda metanning yonishidan  $\text{CO}_2$  va  $\text{H}_2\text{O}$  hosil bo'ladi.



Ular metanning ortiqchasi bilan birikib, CO va  $\text{H}_2$  hosil qiladi.



Bu reaksiyalarni umumiy holda bunday yozish mumkin:

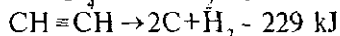
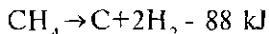


Bu jarayon katalizatorsiz hamda 1500°C da olib borilganda, bu qadar

yuqori haroratda metanning CO va H<sub>2</sub>ga konversiyalanishi bilan bir qatorda uning va gomologlarining pirolizi ham ketadi:



Asosiy reaksiya bilan bir qatorda qo'shimcha reaksiyalar ham ketadi:

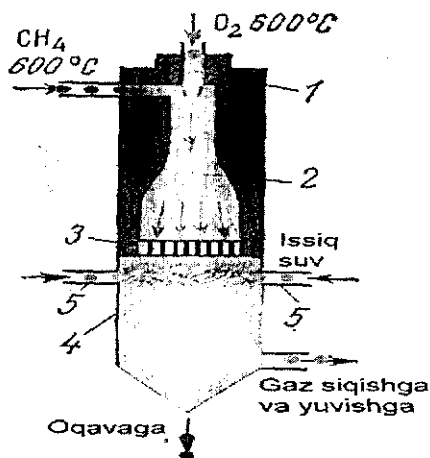


Shuning uchun ham qo'shimcha reaksiyalarni kamaytirish maqsadida hosil bo'lgan atsetilenni yuqori harorat zonasida juda qisqa vaqt (0,003—0,004 sek. ) bo'lishini ta'minlash uchun uning hajmiy tezligi oshiriladi hamda tezlik bilan sovitiladi. Shunday qilinganda metan to'liq atsetilenga aylanadi, atsetilening unumi 30 % ga yetadi. Bu jarayon maxsus pechlarda olib boriladi. Pech chidamli g'ishtlar bilan qoplangan bo'ladi (101-rasm).

Quvursimon pechlarda 600° C qizdirilgan tabiiy gaz piroliz pechning yuqorisi yon tomonidan pechga kiritiladi, taxminan 600° C gacha qizdirilgan kislorod pechning tepa qismidan soplo (1) (havo o'tadigan konussimon naycha) orqali kiritiladi. Gazlar katta tezlik bilan kelib pechning o'rta qismida aralashtirish bo'lmasi 2da qo'shiladi, gazlar aralashmasi ko'p sonli mayda teshiklari bo'lgan, o'tga chidamliligi juda yuqori hisoblangan keramik plita orqali o'tib pechning ostki qismiga keladi va teshikchalardan o'tgan joyda metan chala yonadi va uning pirolizi ketadi hamda shu yerda gazlar aralashmasi darhol forsunka (5) (suv purkagich) orqali 200° C gacha issiq suv purkalib sovitiladi. (Oson bug'lanish uchun issiq suv purkaladi.)

Hosil bo'lgan qurilma gazlar

aralashmasidan ajralish uchun gaz suv bilan yuviladi, ho'l elektrofiltr orqali o'tkariladi, so'ngra gaz 0,1 MPa gacha siqiladi. Gazlar aralashmasidan atsetilenni qarama-qarshi oqim prinsipida dimetilformamid ( $t_q = 153^\circ \text{C}$ ) yoki N-metilpiroliddon ( $t_q = 202^\circ \text{C}$ ) bilan eritib ajratib olinadi. Chunki bu



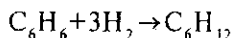
101-rasm. Metanni termo oksidlanish pechi: 1 — kislorod o'tadigan nay; 2 — aralashtiruvchi kamera; 3 — teshikchali keramik plita; 4 — alanga zonasi; 5 — suv purkovchi forsunka (asbob).

erituvchilar faqat atsetilenni eritadi. Bosim atmosferaga bosimigacha kamaytirilganda va qizdirilganda atsetilen erituvchidan ajralib chiqadi. Atsetilen olinganda qo'shimcha ravishda hosil bo'lgan CO va H<sub>2</sub> ni qayta ishlash yo'li bilan 4 t ammiak, yoki 3 t metanol olish mumkin. Qurilmaning (bir necha pechi bo'lganda) mahsuldorligi 30 – 50 t/yil atsetilen. Olingan atsetilening tannarxi karbiddan olingandagiga qaraganda ancha arzonroq tushadi.

Atsetilen ko'pgina organik sintezlar uchun xomashyo hisoblanadi. Undan akrilonitril, tetroxloretan, glitserin, polixlorvinil, etil spirti, sirk kislota, etilatsetat, sintetik kauchuklar, tolalar, plastmassalar kabi yuzlab mahsulotlar olinadi. Atsetilen maxsus gaz golderlarida va po'lat ballonlarida saqlanadi. Atsetilen katta bosimda siqilganda portlaydi. Shuning uchun balonlar kizelgur (SiO<sub>2</sub>ning boshqa bir ko'rinishi) bilan to'ldiriladi va unga atseton shimdiriladi, atsetilen esa atsetonda eriydi (11 atseton 1,24 MPa da 350 kg atsetilenni eritadi).

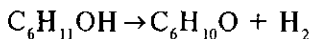
### 12.3. Kaprolaktam ishlab chiqarish

Kaprolaktam (o-aminokapron kislota laktami) asosan benzolni gidrogenlab olinadi. Gidrogenlash aluminiy oksidiga qo'shilgan nikel katalizatori ishtirokida, 0,1 MPa bosimda, 160–200° C da, ortiqcha vodorod ishtirokida, gaz fazada olib boriladi yoki suyuq fazada 250–280° C da, 0,35 MPa bosimda platina katalizatori bilan to'lg'azilgan kolonna tipidagi reaktorda gidrogenlanadi:



Keyingisida olingan siklogeksan katta unum bilan chiqadi (siklogeksanning qaynash harorati 81° C), unumdorligi 120 ming t/yilga teng.

Ikkinchi bosqichda kobalt stearati yoki naftenatidan iborat katalizator ishtirokida 0,2 MPa bosimda 180 – 200° C da siklogeksan havo kislorodi bilan suyuq fazada oksidlantiriladi. Oksidlash, yani siklogeksanolga aylanishi 8–10 % dan oshmasligi uchun juda ohistalik bilan olib boriladi. Rektifikatsiyalab haydashdan qolgan qoldiq reaksiyaga kirishgan siklogeksanga hisoblanganda 80 % siklogeksanol (t<sub>o</sub> = 160° C) va 20 % siklogeksanon (t<sub>o</sub> = 155° C) aralashmasidan iborat bo'ladi. So'ngra aralashma yana rektifikatsiyalanib ajratiladi. Uchinchi bosqichda siklogeksanoldan 450° C da ruxlangan temir katalizatori yuzasida vodorodni ajratib olish orqali oksidlab, siklogeksanon olinadi:



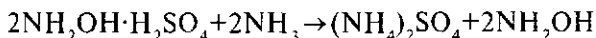
Siklogeksanol                      Siklogeksanon

450° C gacha qizdirilgan siklogeksanol bug'lari ichi katalizator bilan to'lg'azilgan quvursimon kontakt uskunasi kiritiladi, u yoqilg'i gazi bilan qizdiriladi. Reaksiya natijasida olingan vodorod tozalanib sintezning birinchi bosqichida ishlatiladi.

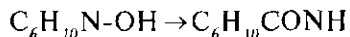
Siklogeksanon rektifikatsiyalanib, reaksiyaga kirishmay qolgan siklogeksanoldan ajratib olinadi. Reaksiya unumi 93 %. To'rtinchi bosqichda siklogeksanonga gidrosilamin (NH<sub>2</sub>OH) ta'sir ettirib uning oksimi olinadi:



Gidrosilamin esa uning tuziga ammiak ta'sir ettirib olinadi:



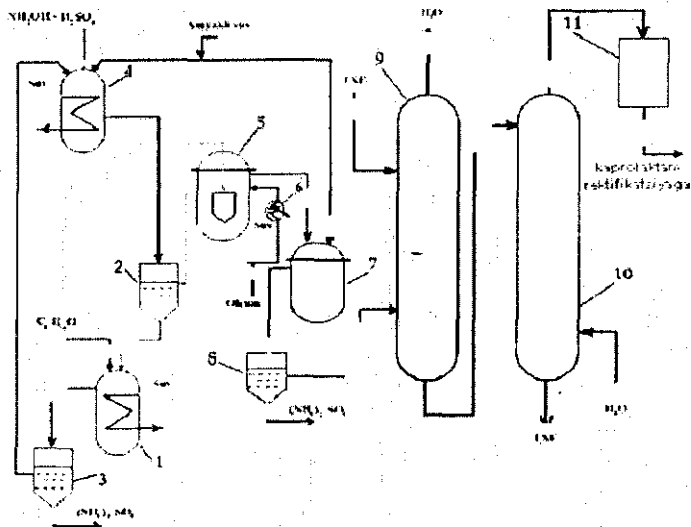
Gidrosilamin sulfatning suvdagi eritmasiga ammiak va siklogeksanon qo'shib, 90° C gacha qizdiriladi. Oksim moysimon qavat hosil qilib ajraladi (unumi 93 %), suv bilan yuviladi va sintezning beshinchi bosqichi uchun ishlatiladi. Beshinchi bosqichida oksimga 20 % li oleum (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · SO<sub>3</sub>) ta'sir ettiriladi, natijada Bekman bo'yicha qayta guruhlanish ketib, u kaprolaktamga aylanadi:



Reaksiya po'lat reaktorda harorati 100° C bo'lganda oleumga oksim qo'shish va sovitish (burama spiralsimon naycha yordamida suv bilan sovitiladi) orqali olib boriladi. Hosil bo'lgan laktam eritmasi suvga quyiladi va ammiak bilan neytrallanadi. Suyuqlangan kaprolaktam ajratiladi va ikki marta vakuumda haydab olinadi (t<sub>q</sub> = 68-69° C). Benzoldan kaprolaktam ishlab chiqarish sxemasi 102-rasmda berilgan.

Birinchi pog'onali oksidlash reaktori 1ga siklogeksanon va ammoniy sulfatning suvdagi eritmasiga gidrosilamin sulfatning eritmasi qo'shilgan aralashma ikkinchi pog'onali oksidlashdan separator (2) orqali kelib quyiladi. Reaksiya mahsulotlari 3-separatorga tushib ikki qavatga: suvli ammoniy sulfat va organik qavat oksidining siklogeksanonidagi eritmasiga ajraladi. Organik qavati ikkinchi pog'onali oksidlash reaktori (4)ga keladi, bu yerga toza gidrosilaminsulfatning eritmasi va ammiakli suv qo'shiladi. Reaksiyon aralashma 2-separatorga yuboriladi, u yerda suvli-sulfatli qavatga reaksiyaga kirishmay qolgan gidrosilamin va xom siklogeksanonoksim ajraladi.

Suvli qavat reaktorga (1) beriladi, siklogeksanonoksim esa qayta guruhlanish uchun reaktorga (5) o'tadi. Aralashmani sovitish uchun 6-sovitgich orqali o'tadi, oleum aylanib turuvchi sovuq aralashmaga yuboriladi. Reaktordan (5) qayta guruhlangan mahsulot neytrallagichga



**102-rasm.** Benzoldan kaprolaktam ishlab chiqarishning oksidlash va izomerlash bosqichining texnologik sxemasi:

1 — pog'onali bosqichlash oksidlash reaktori; 2,3,8 — separatorlar; 4 — ikkinchi pog'onali oksidlash reaktori; 5 — qayta guruhlanish reaktori; 6 — olib qo'yiladigan sovitgichlar; 7 — neytrallagich; 9 — ekstraktor; 10 — reekstraktor; 11 — kaprolaktamni tozalash bo'limi.

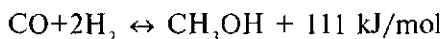
(7) keladi, u yerga ammiakli suv yuboriladi. Neytrallangan mahsulot separator (8) ga tushadi, bu yerda ammoniy sulfatning suvli eritmasi "laktam moyi" dan ajraladi. Laktam moyi 60—65 % (massa bo'yicha) kaprolaktam, 30—35 % (massa bo'yicha) suv va ammoniy sulfat hamda qo'shimcha mahsulotlar saqlaydi. Birinchi pog'onada kaprolaktam trixloretilen bilan (9) ekstraktorda moydan ajratib olinadi. Olingan ekstrakt reekstraktorga (10) tushadi, u yerda kaprolaktam suvda eriydi va trixloretilen qavatdan ajraladi, u qo'shimchalar saqlaydi. Kaprolaktamning suvdagi eritmasi reekstraktorning yuqori qismidan tozalash bo'limi (11)ga yuboriladi (tozalashning ikkinchi bosqichi). Bu yerda u ion almashish smolasi yordamida tozalanadi va katalizator ta'sirida gidrogenlanadi. Kaprolaktamning tozalangan eritmasi bug'lantirilib vakuumda rektifikatsiyalanadi.

Siklogeksan bo'yicha kaprolaktamning unumi 90—95 %. Kaprolaktam ishlab chiqarishning hozirgi zamon qudratli qurilmalari yiliga 90 dan 130 ming tonnagacha ishlab chiqarilmoqda. Kaprolaktam fenolni platina

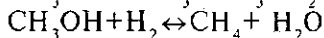
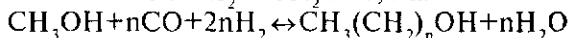
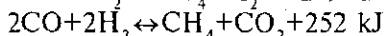
katalizatori yordamida oksidlab ham olinadi. Ammo bu jarayon ko'p bosqichli (6 bosqich) bo'lganligi uchun va iqtisodiy jihatdan samarali emas. Yaqinda venger olimlari kaprolaktam olish uchun fenolning bir bosqichli gidratlanish usulini kashf etib ishlab chiqarishga joriy qilishni taklif qildilar.

## 12.4. Metanol sintezi

Metanolni birinchi marta R. Boyl 1661-yilda yog'ochni quruq haydash (havosiz muhitda) mahsulotlari tarkibida borligini aniqladi, uni toza holda 1834-yilda J.Dyuma va E.Peligolar ajratib olganlar. Uning nomi ham shundan kelib chiqib yog'och spirti deb atalgan. Birinchi marta u 1923-yilda Germaniyada sintez yo'li bilan chiqarila boshlandi. Metanol uglerod (II) oksidini gidrogenlash usuli bilan, ya'ni sintez-gazdan olinadi.



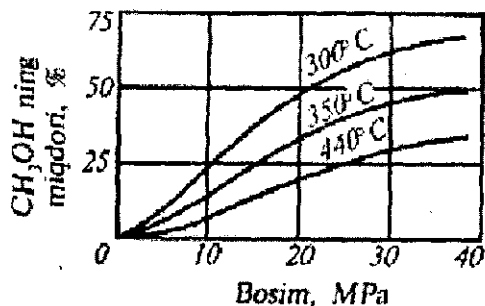
Sintez-gaz metanni suv bug'i bilan oksidlash konversiyasidan yoki tabiiy gazni termooksidlovchi krekning qilish bilan (bunda sintez-gaz bilan bir vaqtda atsetilen ham olinadi) olinadi. Metanol sintezlash uchun CO va H<sub>2</sub> gazlarining 1:4 dan 1:8 gacha nisbatdagi aralashmasi olinadi. Jarayon 20—35 MPa bosimda 370—420° C haroratda rux-xromli katalizator ishtirokida olib boriladi. Metanolning hosil bo'lish unumi unchalik katta emas, shuning uchun, sintez dastlabki gazlar aralashmasini ko'p marta aylantirish (sirkulyatsiyalash) bilan amalga oshiriladi. Bosimning kamayishi yoki haroratning optimal qiymatidan ortishi metan, formaldegid, dimetil efir va yuqori spirtlar kabi qo'shimcha mahsulotlar hosil bo'lishiga olib keladi.



Reaksiya jarayonida metanolning hosil bo'lishi reaksiya aralashma hajmining kamayishi bilan boradi, shuning uchun Le -Shatele prinsipiga muvofiq sistemada bosimning ortishi muvozanatining spirt hosil bo'lishi tomonga siljishga hamda qo'shimcha reaksiyalar borishining kamayishiga olib keladi. Reaksiya ekzotermik bo'lganligidan haroratning ko'tarilishi muvozanatni chapga siljitadi va sintez-gazning metanolga aylanish darajasini kamaytiradi. Shu bilan bir qatorda past haroratda muvozanat metanol hosil bo'lishi tomonga kuchli siljiydi-yu, ammo metanolning sintezlanish



tezligi juda sust bo'ldi hamda bunday sharoitda sintezni tezlatuvchi katalizator ham hozircha ma'lum emas. Shuning uchun ham sanoatda jarayon juda kichik harorat (20–30° C) intervalida olib boriladi. Metanol

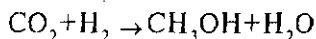


103-rasm. Reaksiyon aralashmada metanol muvozanat ulushining bosim va haroratga bog'liqligi.

unumining harorat va bosimga bog'liqligini 103-rasmda ko'rish mumkin. Sanoatda gazlar aralashmasini siqish uchun zarur bo'ladigan energiya sarfiyotini kamaytirish uchun jarayon odatda 20–35 MPa bosimida olib boriladi. Amalda eng optimal sharoit yaratilganida ham gazlar aralashmasida reaktor orqali bir marta o'tganida hosil bo'ladigan metanolning unumi 5–20 % bo'ldi. Shu boisdan dastlabki gazlar aralashmasida hosil bo'lgan metanol ajratib olinadi-da, reaksiyaga kirishmay qolgan gazlar yana qayta reaktorga kiritiladi, ya'ni bir necha bor sirkulyatsiya qilinadi va unum 84–87 % gacha chiqariladi.

Sanoatda ikki xil katalizatoridan foydalaniladi: 1) rux-xromli ( $8ZnO \cdot Cr_2O_3 \cdot CrO_3$ ) katalizator, u yuqori haroratga, kontakt zaharlariga chidamli, zaharlanganda ham yana qayta aktivlash mumkin, oson regeneratsiyalanadi, selektivligi yuqori. U uchun optimal sharoit 370–400° C va 25–30 MPa bosim; 2) mis katalizatori aktivligi juda yuqori-yu, ammo kontakt zaharlariga va yuqori haroratga chidamsiz, qaytmas holda zaharlanadi. Shuning uchun ham 300° C va 15 MPa bosimda foydalanadilar.

Rossiya FA neft kimyo sintezi institutida o'tkazilgan tekshiruvlar sintez reaksiyasi yuqoridagidan boshqa tartibda borishini ko'rsatdi:

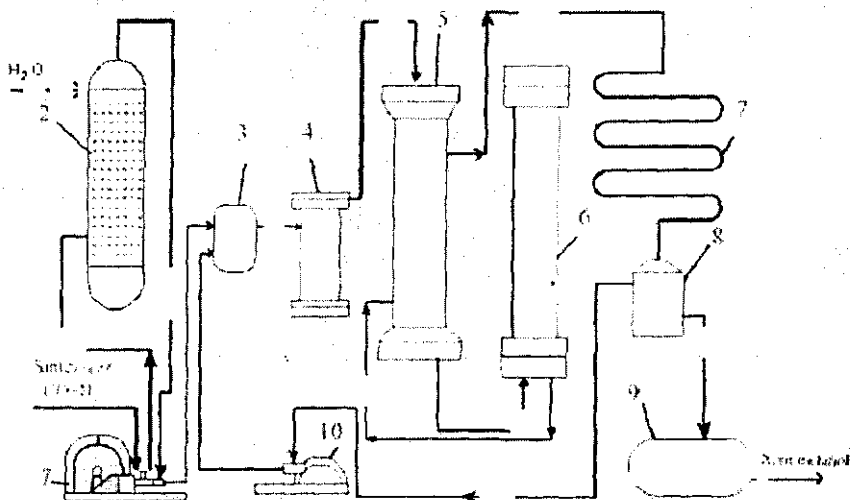


Lekin nima uchun metanol CO va H<sub>2</sub> dan (sintez-gazdan) olinadi? Gap shundaki, sintez-gazda doimo CO<sub>2</sub> va suv bug'larining aralashmasi (5% gacha) bo'ldi. Bu miqdor reaksiya boshlanishi uchun kifoyadir. Metanol sintezida katalizatorlar ta'sirida uglerod (II) oksid suv bug'i kislorodi hisobiga uglerod (IV) oksidgacha oksidlanadi, busiz jarayon ketmaydi.

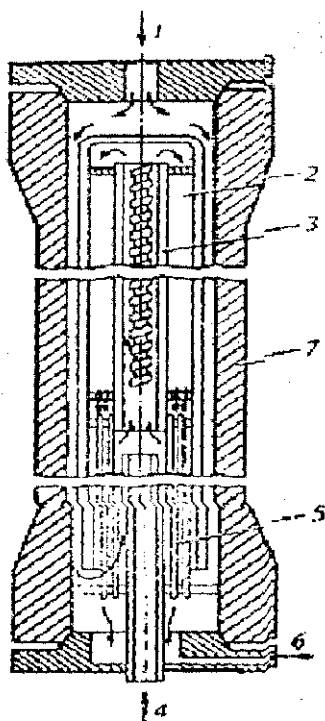
Metanol rangsiz suyuqlik, 64,7° C da qaynaydi, suvda cheksiz eriydi, organik erituvchilar bilan istaganicha aralashadi, o'ta zaharli, 5–10 ml ichilsa ko'r qiladi, 30 ml i o'linga olib keladi.

Dunyoda metanol ishlab chiqarishning yillik o'lishi 15%ni tashkil etadi. Vaholanki, 70-yillarda metanolga kam ishlatiladigan mahsulot, deb qaralgan. Undan formaldegid, dimetiltereftalat, metilamin, dimetisulfat, dimetilformamid, melamin, metilatsetat, metilakrilat, metilmetakrilat, yuqori molekular spirtlar va boshqa ayrim mahsulotlar olingan. Endichi? Metanoldan benzin, dizel yoqilg'isining yengil fraksiyalari, sirka kislota va sirka aldegid, olefinlar, etilen va propilen, etilenglikol, vinilasetat, etilbenzol, stirokabi ko'p tonnali mahsulotlarni olish jarayonlari ishlab chiqilgan. Metanol oziq-ovqat mahsulotlari uchun xomashyo bo'lib qoldi va yaqin kelajakda kimyo sanoatining eng muhim mahsuloti bo'lib qoladi. 2000-yil faqatgina AQSHning o'zida 150 mln t dan ortiqroq metanol ishlab chiqarilgan.

Metanol ishlab chiqarishning texnologik sxemasi 104-rasmda keltirilgan. Oltinugurtli birikmalardan tozalangan dastlabki gazlar aralashmasi besh bosqichli kompressor (1)da 1 dan to 25 MPa gacha siqiladi. Uchinchi va to'rtinchi bosqichlar oralig'ida gaz nasadkali skrubber (2)da  $\text{CO}_2$  dan tozalash uchun 3 MPa bosim ostida suv bilan yuviladi. Kompressorning beshinchi bosqichidan chiqqan siqilgan gaz aralashtirgich (3)dan moylardan tozalash maqsadida filtr (4)ga yuboriladi.



104-rasm. Uglarod(II) oksidi va vodoroddan metanol sintezi qurilmasining sxemasi: 1 — kompressor; 2 — skrubber; 3 — aralashtirgich; 4 — filtr; 5 — issiqlik almashtirgich; 6 — sintez kolonnasi; 7 — kondensator; 8 — separator; 9 — xom spirt yig'gichi; 10 — sirkulyatsiya kompressor.



**105-rasm.** Metanol sintezi kolonnasining sxemasi: 1 — gaz kiradigan joyi; 2 — katalizator qutisi; 3 — elektr qizdirgich; 4 — gaz kiradigan joy; 5 — issiqlik almashtirgich; 6 — gaz chiqadigan yoʻl; 7 — kolonna korpusi.

Soʻngra gazlar aralashmasi issiqlik almashtirgich (5)ning quvurlar oraligʻidagi boʻshligʻi orqali oʻtkaziladi, u yerda chiqib ketuvchi kontakt qozonlari bilan 220° C gacha qizib sintez kolonnasi (6)ga kiradi. Kolonnaning balandligi 12—18 m, ichki diametri 0,8—1,2 m, devorining qalinligi 0,04—0,1 m. Uglerod (II) oksidi uglerodli poʻlat bilan birga temir pentakarbonilini ( $Fe(CO)_5$ ) hosil qilib, poʻlatni yemiradi, natijada qoʻshimcha reaksiyalar kuchayadi. Shuning uchun kolonnaning ichi va baʼzi bir qismlari qizil mis bilan qoplanadi yoki ligerlangan poʻlatdan yasaladi. Sanoatda 2 turdagi sintez kolonnasidan foydalaniladi.

1. Tokchalik kolonna, bunda katalizator bir necha tokchalarga qoʻyiladi va gaz tokchalar orqali oʻtadi.

2. Bir kolonnaning oʻzida katalizator qutisi (2), elektr qizdirgich (3) va issiqlik almashtirgichlari (5) boʻladi (105-rasm). Kolonnadan chiqqan gazlar aralashmasi issiqlik almashtirgichning quvurlari ichidan oʻtib ancha soviydi va kondensator (7)da toʻliq sovib hosil boʻlgan “xom” spirt kondensatlanadi va separator (8)da reaksiyaga kirishmay qolgan gazlardan ajralib yigʻgichga tushadi, gazlar esa kompressor orqali surib olinadi-da, aylanma gaz aralashirgichda toza sintez-gaz bilan

qoʻshiladi va shu yerda sikl qoʻshiladi.

“Xom” spirt 92—93 % boʻlib tozalangach va rektifikatsiyalangach 99,5—99,7 % toza metanol olinadi. 1 t metanol olish uchun 700 m<sup>3</sup> CO, 1400—2000 m<sup>3</sup> H<sub>2</sub> sarflanadi. Unum nazariy hisobning 84—87 %ni tashkil etadi. Metanol sintezi fizik-kimyoviy sharoitlari va uni amalga oshirish va texnologik rasmiylashtirilishi bilan ammiak sinteziga oʻxshaydi. Shuning uchun koʻpincha har ikkalasi ham bir korxonaning oʻzida quriladi.

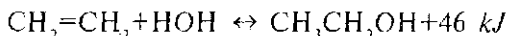
## 12.5. Etanol sintezi

Etanol insoniyatga qadim zamonlardan beri ma'lum, uni XI—XII asrlarda uzum vinosidan olingan, uni 1692-yilda I. Bexer kartoshkadar olish usulini topdi. Etanol ishlab chiqarish hajmi jihatidan organik sintez mahsulotlari orasida oldingi o'rinlardan birini egallaydi. U uzoq yillar mobaynida g'alla, kartoshka, qand lavlagi kabi oziq-ovqat ashyolaridan biokimyoviy usullar yordamida olingan. 1930-yillarga kelib yog'ochni qayta ishlash va qog'oz sanoati chiqindilaridan sanoatda gidroliz spirti ishlab chiqarish o'zlashtirildi. Yog'ochni kimyoviy qayta ishlash natijasida yog'ochni qayta ishlash korxonalarida chiqindilar butunlay chiqmaydi, shu bilan birga etil spirti ishlab chiqariladi. 1 m<sup>3</sup> yog'och 275 kg donni yoki 700 kg kartoshkani o'rnini bosadi. O'zbekistonda etil spirti aynan shu usulda gidroliz zavodlarida ishlab chiqariladi. 1950-yillarga kelib uni, neftni qayta ishlash yoki pirolizning etilen fraksyasi gazlarida sintetik yo'l bilan ishlab chiqarish yo'lga qo'yildi. Hozirgi davrda esa etanol uglevodorodli xomashyolardan sintezlab olinmoqda. Bu usulning naqadar ahamiyatli ekanligini quyidagi ma'lumotdan yaqqol ko'rish mumkin. 6 tonna sulidan yoki 20 t kartoshkadan olinadigan etil spirtini 1 t etilendan sintezlash mumkin. 1955-yildan buyon texnik maqsadlar uchun ishlatiladigan spirt oziq-ovqat mahsulotlaridan olinmaydi.

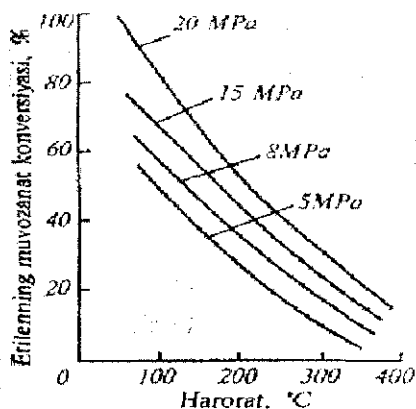
Sanoatda etilenni gidratlashning sintetik usuli ikki xil yo'l bilan amalga oshiriladi: sulfat kislotali gidratlash va bug' fazali katalitik gidratlash (katalizator yordamida suv bug'ini etilenga to'g'ridan to'g'ri birlashtirish).

Sulfat kislotali gidratlashni A. M. Butlerov kashf etgan. Bu usulning kamchiligi, ko'p bosqichli bo'lganligi hamda katta miqdordagi kislotani qayta ishlashda tozalashga to'g'ri kelishidadir. Shuning uchun bu usulda spirt ishlab chiqarish qisqarib bormoqda.

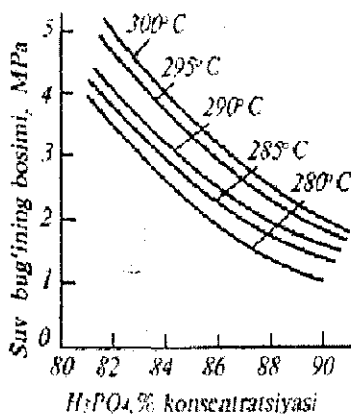
Etilenni to'g'ridan to'g'ri gidratlash bir bosqichda boradi.



Haroratni pasaytirish va bosimni oshirish muvozanatni etilenni gidratlash tomonga siljitadi (106-rasm). Ammo bosimni 3 MPa dan oshirish iqtisodiy jihatdan foydali emas. Past haroratdan foydalanish esa reaksiya tezligini ancha kamaytiradi. Shuning uchun reaksiyaga kirishmagan komponentlarni resirkulyatsiyalash iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiqdir. Barcha ma'lum katalizatorlardan silikagel, kizelgur, alumosilikat kabi g'ovakli tashuvchilarga shimdirilgan fosfat kislotalari nisbatan ancha samaralidir. Katalizatorning aktivligi kislota konsentratsiyasiga bog'liq. 107-rasmida suv bug'ining parsial bosimi fosfat kislota konsentratsiyasiga bog'liqligi berilgan.



106-rasm. Etilenni etanolga aylinishdagi bug'li muvozanat konversiyasining harorat va bosimga bog'liqligi.

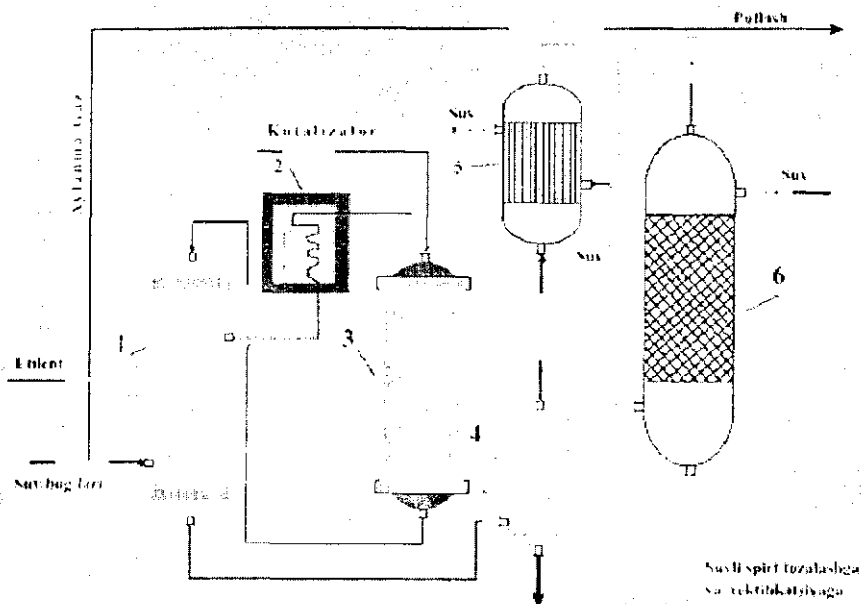


107-rasm. Turli haroratda suv bosimining fosfat kislota konsentratsiyasiga bog'liqligi

Etilenni to'g'ridan to'g'ri gidratlashning optimal sharoiti aniqlangan bo'lib, ular: 7—8 MPa bosim, 280—290° C harorat, katalizator yuzasidagi fosfat kislotasining konsentratsiyasi 83 % dan past bo'lmaydi. Sirkulyatsiyalanadigan gaz tarkibida elementning konsentratsiyasi (hajm bo'yicha) 80—85 %, suvning etilenga nisbatan molyar hajmi 0,7:1, hajmiy tezlik 1800—2500 soat<sup>-1</sup>. Shunday sharoitda 15—16 % li suvli spirtli eritma olinadi, etilening konversiyasi reaktor orqali bir o'tganda 4—5 % ni tashkil etadi. Etilen bo'yicha umumiy unum 95%.

Etilenni to'g'ri gidratlashning texnologik sxemasi (108-rasm) bir necha to'xtovsiz boruvchi bosqichlardan: 1) dastlabki bug'-gaz aralashmasini tayyorlash va uni qizdirish; 2) etilenni gidratlash; 3) reaksiya mahsulotlarini neytrallash; 4) sirkulyatsiya gazini tozalash; 5) etanolni rektifikatsiyalash kabilardan iborat. Konsentratsiyasi 98% bo'lgan etilen kompressorda siqilib, suv bug'i bilan va sirkulyatsiya gazi bilan qo'shilib hosil bo'lgan aralashma reaksiyon gazlar aralashmasining issiqligi bilan 200° C gacha taxminiy qizdirish uchun issiq almashtirgich (1)ga boradi.

So'ngra bug'-gaz aralashmasi quvursimon pech (2)da to 280° C gacha qizdiriladi-da, gidrator (3)ga boradi. Gidrator balandligi 10 m, diametri 1,5 m bo'lgan ichi bo'sh po'lat kolonna, korroziyalanishning oldini olish uchun uning ichi qizil mis bilan qoplangan. Uning ichi 8,5 m balandlikkacha qattiq katalizator bilan to'lg'azilgan, gazning kontaktlanish vaqti 18—20 sek. Gidrator ish sharoiti bo'yicha ideal siqib chiqarish adiabatik reaktorlarga yaqin o'xshaydi. Reaksiya natijasida hosil bo'lgan



**108-rasm.** Etanol ishlab chiqarish uchun etilenni bug'li muhitda katalitik gidratlash qurilmasining sxemasi:

- 1 — issiqlik almashtirgich; 2 — pech; 3 — reaktor; 4 — suvli spirt yig'ichi;  
5 — sovitgich; 6 — nasadkali yuvish kolonkasi.

mahsulotlar aralashmasi izma keyin issiq almashtirgich (1)da soviydi, hosil bo'lgan kondensat (spirtning suvli suyuq eritmasi) yig'ich (4)da ajralgach, sovitgich (5)da to'liq soviydi va reaksiyaga kirishmay qolgan gazlar etanol bug'idan skrubber (6)da suv bilan to'liq yuvilib ajraladi. Yuvilgan va neytrallangan gazlar (sxemada ko'rsatilmagan) siqilib toza etilen va suv bug'iga ajralib yana gidratonga yuboriladi. Aylanma gazning bir qismi uning tarkibida inert aralashmalarning miqdori 15 % dan ortib ketmasligi uchun sistemadan havoga chiqarilib yuboriladi. "Xom" etanol esa tozalashga va rektifikatsiyalashga yuboriladi.

Katalizator 500 soat unumli ishlaydi, shundan keyin uning aktivligi kamayadi, chunki sirkulatsiya gazlari fosfor kislotani o'zi bilan uchirib olib ketadi (1 sekunda  $1m^3$  katalizatoridan  $0,4kg$   $H_3PO_4$  olib ketiladi), shuning uchun unga ma'lum vaqt o'tgach fosfat kislotaga shimdirib turiladi. Katalizator 900 soat ishlagach regeneratsiyalanadi. Etilen olish sxemasining qizdirish pechi bo'lmagan varianti ham mavjud, unda dastlabki aralashmani qizdirish uchun zarur bo'ladigan issiqlikni yuqori

bosimli (7 MPa) qizdirilgan bug' bilan etilenni aralashtirish hisobiga olinadi. Etilenni to'g'ri gidratlash sulfat kislotali usulga nisbatan katta ustunlikka ega. Masalan, bu bir bosqichda boruvchi jarayon hisoblanadi, spirt unumi ancha katta, ko'p miqdorda sulfat kislota va uni bug'lantirishga energiya sarf qilinmaydi. Olingan spirtning tannarxi kislotali usulda olinganidan 20% arzon turadi.

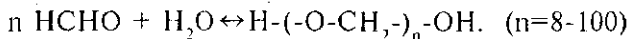
To'g'ri gidratlash usuli birlik quvvati katta bo'lgan qurilmalarni yaratish imkoniyatini beradi. Bu usulning kamchiligi shundaki, bunda katalizatorni tez-tez almashtirib turish kerak bo'ladi hamda yuqori konsentratsiyali etilen qo'llanilishidadir. Kelgusida to'g'ri gidratlash usulining takomillashtirilishi asosan hozirgi ishlatilayotganidan ko'ra aktivroq va chidamliroq katalizator topish hamda jarayonni suyuq fazada olib borish yo'llarini izlab topishdan iboratdir. Qurilmaning mahsuldorligi yiliga 150 ming t ga teng. 1980-yilda dunyoda 2,5 mln t etanol ishlab chiqarilgan.

Etanol (etil spirti yoki vino spirti) suyuq 78,39°Cda qaynaydi ( $\rho=0,7893$  g/sm<sup>3</sup> 20° C), uning suv bilan azcatrop aralashmasi (95,6 % li) keng ko'lamda ishlatiladi. Uni oziq-ovqat sanoatida, tibbiyot, parfyumeriya sanoatida, transportda (antifriz) ayniqsa erituvchi sifatida hamda organik sintezning yarim xom mahsuloti sifatida keng ishlatiladi. Yana undan butadein ishlab chiqarishda, murakkab va oddiy efirlar, xloral, atsetaldegid sirka kislota olishda foydalaniladi.

## 12.6. Formaldegid va sirka aldegidni ishlab chiqarish

### Formaldegid (metanol, chumoli aldegid)

Formaldegid HCHO — rangsiz, o'tkir hidli gaz, qaynash harorati — 19,2° C, suyuq holatda zichligi -20°C da 0,815 t/m<sup>3</sup>, havo bilan 34,5% hajmdagi aralashmasi portlaydi. U suvda, spirtida yaxshi eriydi, benzol, efir, aralashmasida kam eriydi. Alifatik uglevodorodlarda erimaydi. Oson polimerlanadi (paraform to'g'ri chiziqli tuzilishga ega).

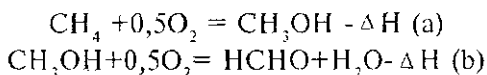


Polimerlanish jarayoni qaytar bo'lib, paraform osonlikcha kislota va ishqorlar ta'sirida depolimerlanadi. Zaharli, CHXK si 0,05 mg/m<sup>3</sup>.

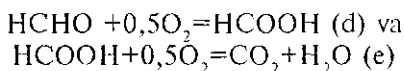
Formaldegid odatda 37% li suvli eritma shaklida ishlab chiqariladi, unda formaldegid gidrat (HCHO · H<sub>2</sub>O) shaklida va polioksimetilenglikol (kichik molekular massali polimer) shaklida bo'ladi. Formaldegid yuqori molekular massali polimerga aylanmasligi uchun (cho'kma tushib uskunalarni to'ldirib tiqilib qolmasligi uchun) unga 6—15 % gacha metanol qo'shiladi.

Formaldegid dunyoda ko'p miqdorda ishlab chiqariladi. Dunyoda 1980-yilda 2 mln t dan ortiq formaldegid ishlab chiqarilgan. U organik sintez sanoatida zaharsizlantiruvchi modda sifatida ishlatiladi, undan fenolo-, karbamido- va metamidoformaldegidli polimerlar ishlab chiqarishda, yarim mahsulot sifatida izopren, pentaeritrit, urotropin sintezlashda ko'p ishlatiladi. U yana kimyoviy tola, ko'p atomli spirtlar, bo'yoqlar, portlovchi moddalar, farmatsevtik preparatlar olishda ishlatiladi.

Formaldegid metan va uning gomologlarini havo yoki kislorod bilan oksidlab yoki metanoldan olinadi. Metan oksidlanganda quyidagicha reaksiya boradi:



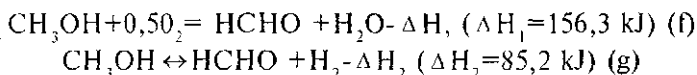
(b) reaksiya mis va kumush birikmalari katalizatori ishtirokida tez boradi. Ammo kislorodni kam miqdorda olish kerak, aks holda hosil bo'lgan formaldegid ham oksidlanadi:



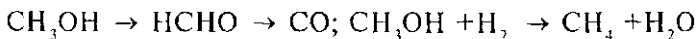
Shuning uchun hamda formaldegid chiqish unumining pastligi sababli formaldegid asosan metanoldan ikki usulda: oksidlanib degidrogenlash va oksidlab olinadi.

Metanolni oksidlab degidrogenlash usulida formaldegid ishlab chiqarish.

Metanolni oksidlab degidrogenlash katalitik geterogen jarayon hisoblanadi:



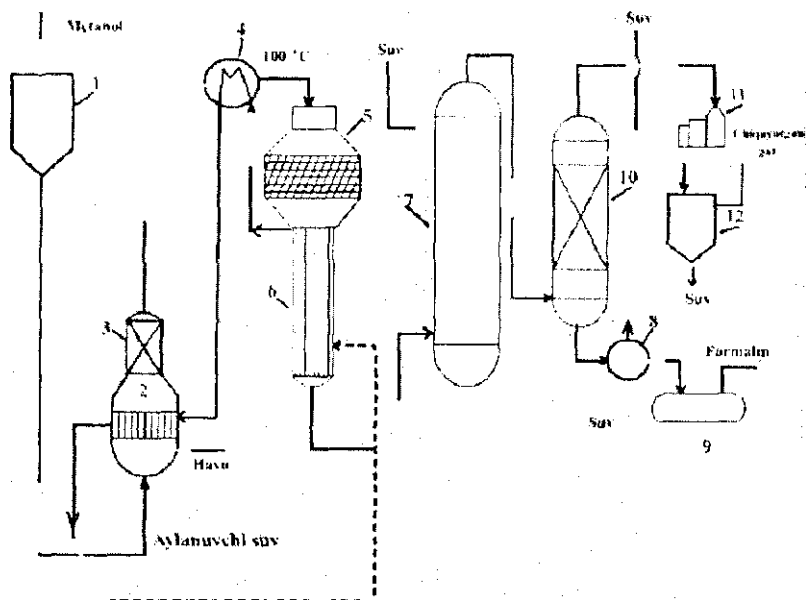
Reaksiyada katalizator mis qirindisi, to'r simi va pemzaga yotqizilgan kumush hisoblanadi. Asosiy reaksiya (f,g) bilan bir qatorda qo'shimcha reaksiyalar (d,e) chuqur oksidlanishi hamda degidrogenlanish va gidrogenlanish reaksiyalari ham boradi.



Qo'shimcha reaksiyalarni kamaytirish uchun metanolga 10 % gacha suv qo'shiladi hamda kislorodni kam olinadi. Reaksiya 500–600° C haroratda boradi. Kontaklash vaqti 0,02 sekund. Shunday sharoitda formaldegid unumi 80–85 % bo'ladi. 109-rasmda metanolni oksidlab degidrogenlash usulida formaldegid olishning texnologik sxemasi berilgan.



Metanol (10 % suv saqlaydi) bosimli bak (1)dan bug'lantirgich (2)ga tushadi. U issiq suv bilan yoki reaktorning (6) sovitgichida ekzotermik reaksiya natijasida hosil bo'ladigan bug' bilan qizdiriladi. Bug'lantirgichga metanol orqali changdan tozalanib chiqqan havo ham kiritiladi.

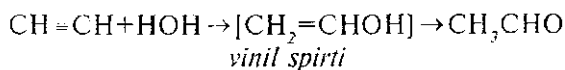


109-rasm. Metanolni oksidlab degidrogenlash usulida formaldegid olishning texnologik sxemasi:

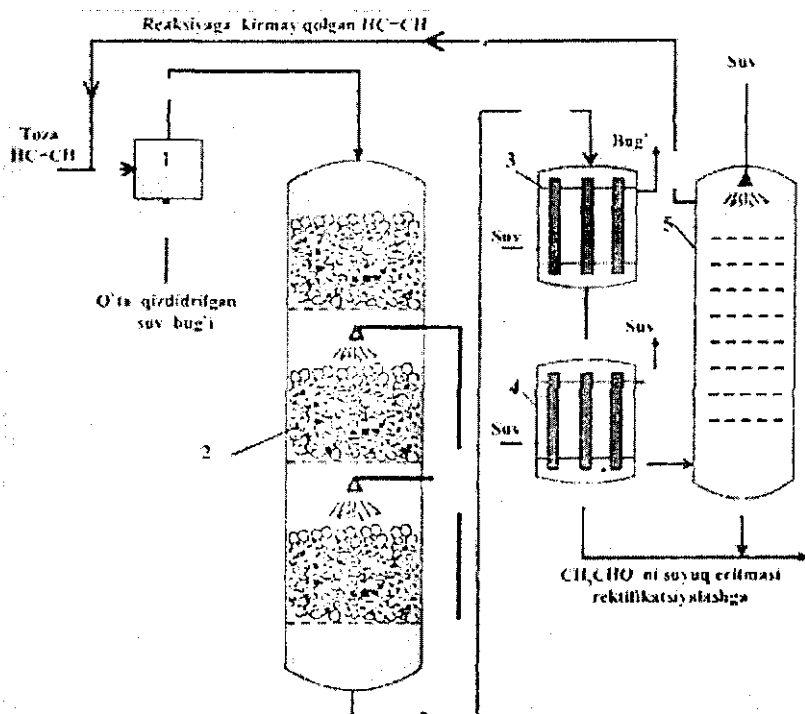
1 — metanolning bosimli changi; 2 — bug'lantirgich; 3 — sachragan tomchilarni ushlagich; 4 — qizdirgich; 5 — reaktor; 6 — reaktor sovitgichi; 7 — absorber; 8 — sovitgich; 9 — formalid yig'gich; 10 — sanitar minora; 11 — vakuum kompressor; 12 — suv ajratgich.

Hosil bo'lgan bug' havo aralashmasi tomchidan tozalovchi (tomchi tozalagich) (3) orqali o'tib tozalangach, qizdirgich (4)ga boradi. Undan rektor (5)ga kiradi, reaktorning yuqori qismiga esa katalizator qo'yilgan bo'ladi. Reaksiya mahsulotlari 6-sovitgich rektorda tez sovitiladi va absorber (7)ga yuboriladi. Absorber suv bilan sug'orib turiladi. Absorberda hosil bo'lgan 37 % li formaldegid eritmasi (formalin tarkibida uni barqarorlashtirish uchun 7—12 % metanol saqlaydi) 8-sovitgichda sovitiladi va formalin yig'gichi (9)ga tushadi. Yutilmay qolgan gazlar sanitar minorasi (10) orqali o'tib so'ngra vakuum kompressor (11)dan o'tadi va suv ajratgich (12)ga yuboriladi, so'ngra atmosferaga chiqarib tashlanadi.

Sirka aldegidi Kucherov reaksiyasi asosida (1881-yil) olinar edi. Bunda ishlatiladigan simobli katalizatorning zaharli bo'lganligi uchun, hozirgi davrda atsetilenni bug' fazali gidratlash usuli bilan sirka aldegidi olinadi. Bunda atsetilen 1:10 hajmiy nisbatda qattiq qizdirilgan suv bug'i bilan aralashtirilib 400°C da fosfatli katalizator ( $\text{CaHPO}_4, \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) qavati orqali o'tkaziladi:



Atsetilenga suvning birikishidan hosil bo'lgan vinil spirti darhol qayta guruhlanib, sirka aldegidiga aylanadi. Aldegidni tezlik bilan reaksiya aralashmadan ajratib olish kerak, aks holda u kondensatlanishga kiradi va avval kroton aldegidiga aylanadi, so'ngra smola hosil qiladi. Buning uchun reaktor (2)ga (110-rasm) shunday miqdor atsetilen yuboriladiki, uning bir qismi (40—50 %) reaksiyaga kirishga ulguradi, xolos.

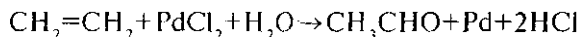


**110-rasm.** Atsetilenni bug' fazali gidratlash yo'li bilan sirka aldegid olish sxemasi: 1 — aralashtirgich; 2 — reaktor; 3 — foydalanish qozoni; 4 — suvli kondensator; 5 — yuvish minorasi.

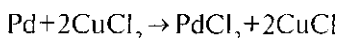
Reaksiyaga kirishmay qolgan qismi va suv bug'i hosil bo'lgan uchuvchan aldegidni ( $t_q = 21^{\circ}\text{C}$ ) o'zi bilan birga uchirib olib ketadi. Gazning o'ta qizib ketmasligi uchun katalizator qavatlarini oralig'iga suv purkalib turiladi. Gaz avval foydalanish qozoni (3)da, so'ngra kondensator (4)da sovitiladi. U yerda suv bug'i va qisman sirka aldegidni kondensatlanadi. Keyin gaz tarelkali kolonna (5)da sovitilgan suv ( $5-10^{\circ}\text{C}$  gacha) bilan yuviladi, u aldegidni yaxshi eritadi. Tozalangan gaz yangi porsiya atsetilen bilan qo'shilib yana reaktorga kiritiladi. Atsetilenni gidratlashda sirkulatsiyalashdan foydalaniladi. Kondensator va kolonnada hosil bo'lgan aldegidning suvli eritmasi haydovchi rektifikatsiya kolonnasiga boradi. Unda hosil bo'lgan aldegid bug'lari ikkinchi rektifikatsiya kolonnasining o'rta qismiga o'tadi (har ikkala kolonna ham rasmda ko'rsatilmagan) keyingi kolonnada begona qo'shimchalardan ajralib tozalanadi va sho'robali sovitgichlarda kondensatlar olinadi. Sirka aldegidning unumi reaksiyaga kirishgan atsetilenga nisbatan 85 % tashkil etadi.

Sirka aldegidni olishning iqtisodiy jihatdan foydali usuli, uni atsetilenga nisbatan arzon ashyo hisoblangan etilenni oksidlab olishdir. Etilenni oksidlash paladiy (II) xloridi va uni regeneratsiyalash uchun oksidlovchi mis (II) xloridning suvdagi eritmasidan iborat katalizator eritmasida olib boriladi. Jarayon bir bosqichli.

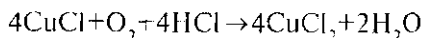
Ichi  $100^{\circ}\text{C}$  haroratgacha qizdirilgan katalizator suyuqligi bilan to'lg'azilgan kolonna tipidagi reaktorning ostki qismiga 0,1 MPa bosimda mayda pufakchalar shaklida etilen gazi yuboriladi. Etilenning 30 – 50% yutilishiga ulguradi, bunda quyidagicha reaksiya ketadi:



Ajralib chiqqan paladiy yana xloridga aylanadi:



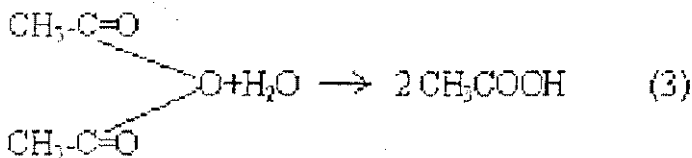
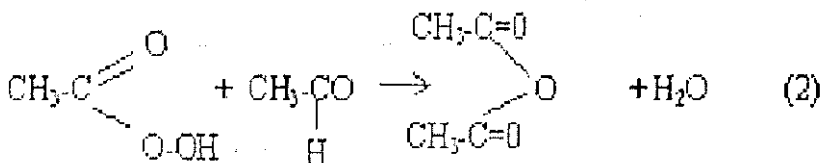
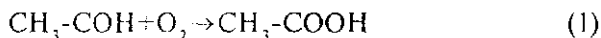
Reaktorga CuCl ni oksidlash uchun kislorod ham yuboradi:



Jarayon ekzotermik bo'lganligi uchun eritma qaynaydi, reaktordan aldegid, suv bug'lari va etilenning aralashmasidan iborat bug' chiqadi. So'ngra ular atsetilenni bug' fazali gidratlashdagi kabi qismlarga ajratib olinadi. Bug'langan suv o'mini to'ldirib turish uchun reaktorga suv ham solinib turiladi. Aldegidning chiqish unumi 95% ni tashkil qiladi. Sirka aldegidni o'tkir yoqimsiz hidli suyuqlik suvda hamda ko'pgina organik erituvchilarda ham eriydi. Zaharli sirka aldegididan sanoat miqyosida sirka kislota, sirka andegidridi, etil spirti, aldol, butil spirti, atsetallar, aldegidammiallar, etilatsetat, pentoeritrit va qator boshqa moddalar olinadi.

## 12.7. Sirka kislota ishlab chiqarish

Sirka kislotasini birinchi marta I.Glauber 1648-yilda olgan. Sirka kislota karbon kislotalarini ichida nisbatan muhim bo'lib, qadimda tarkibida etil spirti bo'lgan suyuqliklarni (vino, pivo, va boshqalar) biokimyoviy achitish yo'li bilan olingan. Hozirgi vaqtda biokimyoviy usul bilan faqat oziq-ovqat uchun ishlatiladigan sirka kislota olinadi. Keyinchalik sirka kislota oq qayin yog'ochi chiqindilaridan olingan. Unga bo'lgan talab o'sib borganligi sababli birinchi jahon urushi yillarida atsetilendan sirka aldegid va aldegiddan sintetik sirka kislota ishlab chiqarish paydo bo'ladi. Sirka aldegidning sirka kislota gacha oksidlanishi uch bosqichda boradi:

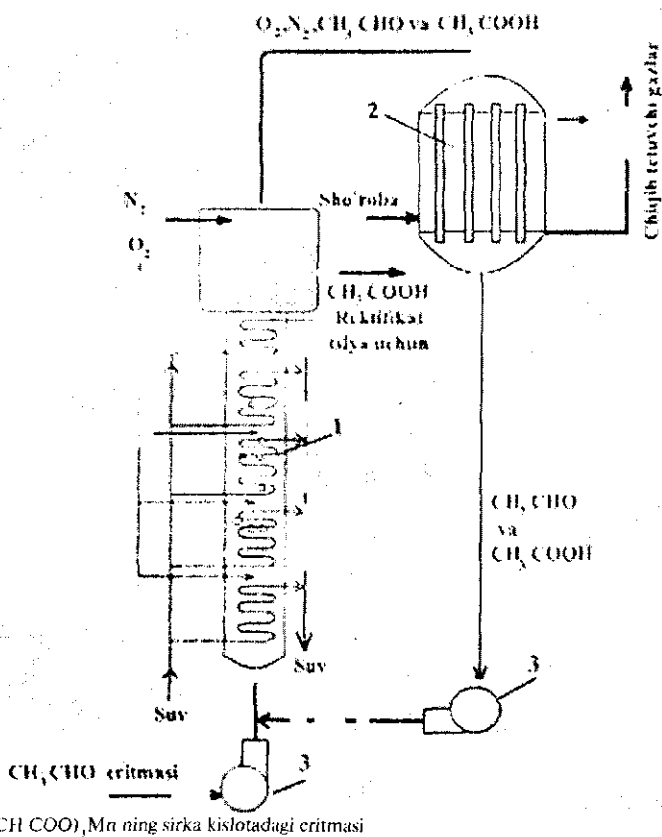


Birinchi bosqichda hosil bo'lgan persirka kislota kuchli oksidlovchi bo'lib, ikkinchi bosqichda u sirka aldegid bilan birikib, uni sirka anhidridiga aylantiradi. Persirka kislota portlovchi modda. U portlaganda kislorod va sirka kislotaga aylanadi, portlashni oldini olish maqsadida persirka kislotani to'planib qolmasligi uchun oksidlash jarayonini suyuq muhitda olib boriladi. Buning uchun aldegid va katalizator marganets (II) atsetatning ( $\text{Mn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ) sirka kislotadagi eritmasidan foydalaniladi. Katalizator reaksiyaning ham birinchi, ham ikkinchi bosqichlarini tezlashtiradi. Uchinchi bosqichi andigidridning gidratlanishi (1) va (2) bosqichlardan ko'ra sekinroq boradi.

Aldegidni oksidlash reaktor 1da (oksidlash kolonnasida) olib boriladi (111-rasm). Reaktor xromnikelmolibdenli po'latdan yasalgan bo'lib, balandligi 12 m, diametri 1 m. Kolonnaning ostiga aldegid va katalizatorning sirka kislotadagi eritmasi to'xtovsiz kelib turadi, kislorod

esa 0,04 MPa bosimi bilan bir necha quvurchalar orqali mayda pufakchalar shaklida kolonnaga bir tekisda taqsimlanib kiradi. Sovitish va optimal haroratni (65–70°C) saqlash uchun kolonna ichida sovutgichlar o'rnatilgan.

Kolonnaning yuqori qismidan sirka kislotasi chiqadi va rektifikatsiyaga yuboriladi. Kolonnadan chiqqan gazlarni (sirka aldegidining va kislotasining bug'lari, kislorod) portlashdan saqlash uchun azot qo'shib suyultiriladi. Gazlar aralashmasi kondensator (2)ga borib kondensatlanadi va kolonnaga qaytariladi. Olingan sirka kislotasi ketma-ket ikkita rektifikatsiya kolonnasidan o'tadi. Birinchisida yengil qaynovchi qo'shimchalardan tozalanadi, ikkinchidan esa kislotasi bug'lari katalizatoridan (uchuvchan emas)



111- rasm. Sirka aldegidni oksidlab sirka kislotasi olish sxemasi: 1 — oksidlash minorasi; 2 — kondensator; 3 — nasoslar.

va qiyin qaynovchi qo'shimchalardan tozalanadi. Olingan sintetik sirka kislota 95–99,5 % bo'lib, tarkibida 0,5–5 % gacha suv saqlaydi. Reaksiya unumi 92 %ni tashkil qiladi.

Ikkinchi bosqichda hosil bo'lgan suvni reaksiyon aralashmadan ajratib olinsa sirka anhidrid olish mumkin bo'ladi. Sirka anhidridi kobalt (II) va mis (II) atsetatlaridan iborat katalizatorlar ishtirokida aldegidni etilatsetat bilan aralashmasini 60° C da oksidlab olinadi. Sirka kislota rangsiz, o'tkir hidli suyuqlik ( $t_u = 118^{\circ} \text{C}$ ), sanoatning turli tarmoqlarida juda keng ishlatiladi. Masalan, atsetilselluloza olishda ishlatiladi va undan esa atsetat tolasi, plasmassalar, loklar, yonmaydigan kinoplyonkalar va boshqalar olinadi. Atsetillovchi modda sifatida organik sintez sanoatida, oziq-ovqat va to'qimachilik sanoatlarida ishlatiladi. Dunyoda hozirgi paytda har yili 5,5 mln t sirka kislota ishlab chiqarilmoqda.

# XIII bob. YUQORI MOLEKULAR BIRIKMALARNING KIMYOVIY TEXNOLOGIYASI

## 13.1. Yuqori molekular birikmalar

Yuqori molekular birikmalar (YMB) deb molekulalari bir necha minglab atomlardan tashkil topgan katta molekular massali birikmalarga aytiladi. Bunday gigant molekulalar makromolekula deyiladi. Tirik tabiatda paxta, jun, ipak, yog'och, charm, kauchuk kabi ko'plab yuqori molekular birikmalar uchraydi. Kishilar qadim zamonlardan beri tabiiy YMB dan kiyim-kechaklar, oyoq kiyimlari, uylar, mehnat qurollari tayyorlashda foydalanib kelganlar. Ammo tabiiy YMB ishlab chiqarishning qimmatligi, assortimenti, mexanik xossalari, resurslari kamligi sababli, ularga bo'lgan sanoatning hamda kishilarning xo'jalik faoliyati talablarini qondira olmadi. XIX asrning oxirlarida sanoatda tabiiy YMB ni kimyoviy modifikatsiyalab ishlab chiqarish o'zlashtirildi. Taxminan 80 yillar ilgari birinchi sintetik YMB ishlab chiqaruvchi korxonalar paydo bo'ldi. Hozirgi vaqtda sintetik yuqori molekular birikmalar (SYMB) asosidagi plastmassa, kauchuk, tola, plyonka, lak va boshqalar shu qadar muhim ahamiyatga ega bo'lib qoldiki, ularsiz xo'jalikning biror tarmog'i ham rivojlana olmaydi. Dunyoda YMB rangli metallarga nisbatan miqdor jihatdan ham, sifat jihatdan ham ko'p ishlab chiqarilmoqda va o'sish sur'ati davom etmoqda. YMB ishlab chiqarishning bunday tez sur'atlarda o'sishiga sabab unda ko'pgina: elastiklik, qattqlik, mustahkamlik, tiniqlik yoki tiniqmaslik, yengillik, kimyoviy mustahkamlik, issiqlikka chidamlilik va boshqa ajoyib xossalarning mujassam ekanligidadir. Ularning ayrimlari ko'pgina xossalari bilan tabiiy materiallardan ustun turadi. YMB ni ishlab chiqarish jarayoni va ular asosida buyumlar tayyorlashni mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish oson. Shuning uchun ham ular avtomobil, samolyot va paroxodsozliklarda, elektrotexnika, radioelektronika, kosmonavtikada, kimyoviy, yengil, oziq-ovqat, tibbiyot va sanoatning boshqa ko'pgina tarmoqlarida turli buyumlarni tayyorlashda keng ko'lamda ishlatilmoqda.

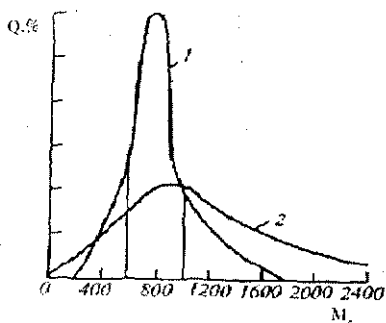
YMB ni polimerlar ham deyiladi. Polimerlar deb molekulalarning kimyoviy tarkibi va tuzilishi bir xil bo'lgan ko'p marta takrorlanadigan zvenolardan tuzilgan yuqori molekular birikmalarga aytiladi. Odatdagi organik birikmalarda molekulaga biror zvenoning yoki guruhning kiritilishi yoki chiqarilishi ularning fizik-kimyoviy xossalari keskin o'zgartirib yuboradi. Masalan: normal uglevodlarning suyuqlanish harorati o'zgarishini olaylik:  $C_4H_{10}$  -135°C,  $C_6H_{14}$  -99°C,  $C_8H_{18}$  -57°C,  $C_{10}H_{22}$  -30°C. Ammo mol massasi ortib borgan sayin ularda bu farq kamayib

boradi. Masalan,  $C_{62}H_{126} + 101^{\circ}C$  da suyuqlansa,  $C_{64}H_{130} + 102^{\circ}C$  da suyuqlanadi. Polimerlarning molekular massasi monomerlarga nisbatan shu qadar kattaki, molekulada bitta yoki bir nechta atomlar kirishi yoki chiqishi amalda xossalarning o'zgarishiga olib kelmaydi. Polimer makromolekulasida bir xil tuzilishga ega bo'lgan atomlar guruhi — zvenolar ko'p marta takrorlanadi. Makromolekuladagi zvenolar (qismlar) soni polimerlanish darajasi deyiladi va u "n" bilan belgilanadi. Masalan, etilenning polimerlanishida takrorlanuvchi zveno bu  $-CH_2-CH_2-$ , vinilxloridning polimerlanishida  $-CH_2-CHCl-$ , butadienda  $-CH_2-CH=CH-CH_2-$  va hokazo. Polimerning molekular massasi M, elementar zveno mol massasining ( $M_{zv}$ ), polimerlanish darajasiga n ko'paytmasiga teng:

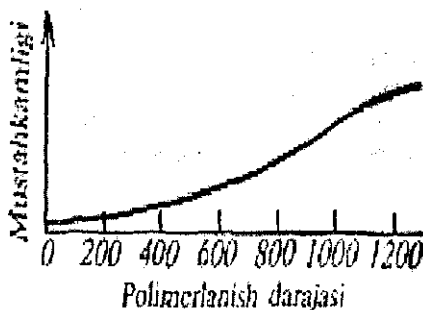
$$M = M_{zv} \cdot n$$

Polimerlar odatdagi birikmalardan farq qilib, har xil molekular massaga ega bo'lgan molekulalardan tashkil topgan (112-rasm). Shuning uchun ularning faqat o'rtacha molekular massasini hamda o'rtacha polimerlanish darajasini aniqlash mumkin.

Polimerlar uchun ko'pgina umumiy xossalar xosdir. Xossalar molekular massalarning kattaligi, fizikaviy holati, fazoviy tuzilishi, makromolekulaning joylashuvi kabilar bilan aniqlanadi. Polimerlar ko'pincha qiyin eriydi. Molekular massasining ortishi bilan eruvchanligi kamayib boradi. Ularning eritmalari hatto past konsentratsiyada ham qovushqoq bo'ladi. Ular uchuvchan emas, aniq suyuqlanish harorati yo'q, qizdirilganda sekinlik bilan yumshab qovushqoq oquvchan holatga o'tadi. Ularning ko'pchiligi qizdirilganda yumshamay



**112-rasm.** Polimerlarda molekularlarning molekular massasi bo'yicha taqsimlanishi: 1 — nitroselluloza; 2 — polistiroil.



**113-rasm.** Paxta tolasi mustahkamligining uning molekular massasiga bog'liqligi.



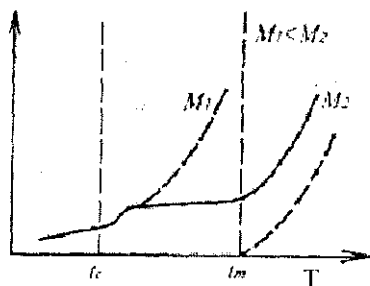
parchalanadi. Mexanik xossalari ham yumshash haroratiga o'xshash. ularning molekular massalariga bog'liq (113-rasm).

Qanchalik molekular massasi va makromolekulasi uzunligi katta bo'lsa molekularlari orasida o'zaro ta'sir kuchlari ham shunchalik katta bo'ladi, shuning hisobiga uzilishga chidamliligi ham ortadi.

Polimer makromolekulalarining bir-biriga nisbatan fazoviy joylashish tartibiga qarab tartibli tuzilishli kristall holatda yoki tartibsiz tuzilishli amorf holatda bo'lishi mumkin. Kristallik fazasi o'sib borgan sayin polimerning mustahkamligi va qattiqligi ortib boradi. Polimerning amorf tuzilmali qismlari esa plastiklik xossasini namoyon qiladi. Masalan, politetroftoretilen (teflon) 80–85 % i kristallik fazadan va 15–20 % i amorf qismdan iborat, bu fazalar bir-biriga o'tmaydilar. Shu sababli, polimer katta harorat oralig'ida  $-269^{\circ}\text{C}$  dan to parchalanish haroratigacha o'z elastikligini yo'qotmaydi. Qattiqligini esa polimer suyuqlana boshlanguncha yo'qotmaydi. Kristallilik darajasi polimer makromolekulasida o'rinbosarlarning fazoviy joylashish tartibiga bog'liq.

Stereoregulyar polimerlar (o'rinbosarlari tartibli joylashgan) ataktik polimerga (o'rinbosarlari tartibsiz joylashgan) nisbatan yumshash harorati va mexanik mustahkamligi ancha yuqori bo'ladi. Kristallilik darajasi yuqori bo'lmagan polimerlar haroratga qarab shishasimon, elastikligi yuqori va qovushqoq, oquvchan bo'ladi. Ular qizdirilganda mexanik xossalarning o'zgarishi bilan bir holatdan boshqa holatga o'tadilar (114-rasm).

Bir holatdan boshqa holatga o'tish chegarasi polimerning tuzilishi va makromolekulasining kattaligi bilan belgilanadi.



114-rasm. Doimiy yuklamada polimer deformatsiyalanishining haroratga bog'liqligi.

### 13.2. Yuqori molekular birikmalarning sinflarga bo'linishi va olinishi

YMBning sinflanishi kelib chiqishi, asosiy zanjirning tarkibi, makromolekulaning tuzilishi, olinishi, qayta ishlash usullari va boshqalarga qarab amalga oshiriladi. Kelib chiqishiga qarab tabiiy, sun'iy va sintetik polimerlarga bo'linadi. Tabiiy polimerlarga selluloza, kraxmal, tabiiy ipak, tabiiy kauchuk va boshqalar kiradi. Sun'iy polimerlarga kimyoviy

o'zgarishlarga uchragan tabiiy polimerlar, masalan, nitrocelluloza, atsetilselluloza kiradi.

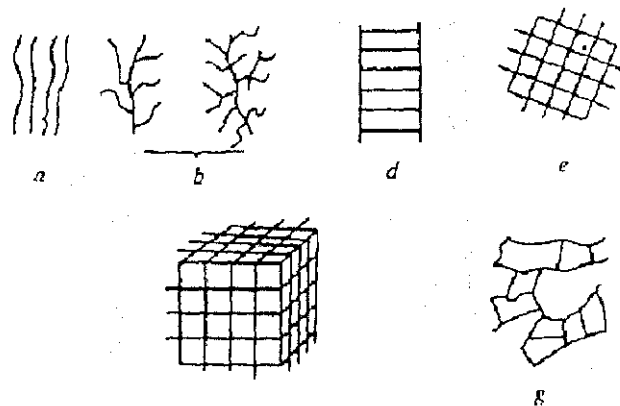
Sintetik polimerlarga monomerlardan bevosita sintez yo'li bilan olingan: polipropilen, polistirol, polietilen, butadienli kauchuk, fenol va aminoformaldegidli, epoksidli, poliefirli, poliamidli va boshqa smolalar kiradi.

Makromolekula asosiy zanjirning kimyoviy tarkibiga qarab barcha polimerlar uch guruhga bo'linadi. Agar makromolekula asosiy zanjirining tarkibi uglerod atomlaridan tashkil topgan bo'lsa, ular organik polimerlar deyiladi (kauchuklar, poliolefinlar, poliamidlar, poliefirlar, poliuretanlar va boshqalar). Asosiy zanjir kremniy, bor, titan, fosfor, aluminiydan tuzilgan (ko'pincha ular kislorod orqali bog'langan bo'ladi) va ularga organik radikallar birikkan bo'lsa element organik polimerlar deyiladi (polisiloksanlar, titanoksanlar, alumoksanlar). Agar asosiy zanjirda va yon zanjirlarda ham uglerod atomi bo'lmasa anorganik polimerlar deyiladi. Har qaysi sinflar yana gomozanjirli va geterozanjirli polimerlarga bo'linadi. Gomozanjirli polimerlarda asosiy zanjir bir xil element atomlaridan tashkil topgan bo'ladi. Geterozanjirda esa asosiy zanjir turli element atomlaridan tashkil topadi.

Organik gomozanjirli polimerlarga karbozanjirli polimerlar deyiladi. Ularda asosiy zanjir uglerod atomidan iborat bo'ladi. Masalan, polietilen, polivinilxlorid, polivinil spirti ko'pgina sintetik kauchuklar va boshqalar.

Geterozanjirli polimerlar asosiy zanjirda uglerod atomlaridan tashqari va boshqa elementlar atomlarini (azot, kislorod, oltingugurt, fosfor va hokazolar) saqlaydi. Masalan, polisaxaridlar, poliamidlar, poliefirlar, poliuretanlar va boshqalar.

Makromolekulalarning tuzilishiga (geometrik shakliga) qarab



**115 - rasm.**  
Polimerlarning fazoviy tuzilishining sxematik tasviri.

chiziqsimon, tarmoqlangan va to'rsimon polimerlarga bo'linadi. O'z navbatida to'rsimon polimerlar narvonsimon, parketsimon va uch o'lchamli fazoviy tuzilishga ega polimerlarga bo'linadi (115-rasm).

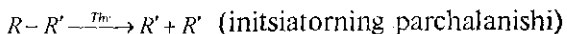
Chiziqsimon polimerlarda makromolekulaning uzunligi uning ko'ndalang kesimidan yuz va minglab marta katta bo'ladi. Masalan: selluloza, tabiiy kauchuk, fibroin, kazein va boshqalar.

Tarmoqlangan polimerlarning makromolekulalari yon tomondan shoxchalangan ko'rinishga ega bo'ladi. Misol: kraxmal, glikogen, shuningdek, sintetik payvand sopolimerlar va boshqalar. To'rsimon polimerlarda makromolekulalar choklangan "tikilgan" bo'ladi, bunday polimerlar erituvchilarda erimasligi, issiqlik ta'sirida suyuqlanmasligi bilan ajralib turadi. Masalan, vulqonlangan kauchuk, rezina, divinil polimerlari, fazoviy tuzilishli fenolformaldegid smolalari va boshqalar.

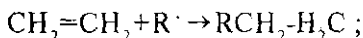
Mexanik xossalariga qarab, polimerlar plastomerlarga (mustahkam va cho'zilmaydigan) va elastomerlarga (elastik, cho'ziluvchan), harorat ta'siriga bo'lgan munosabatga qarab termoplastik va termoreaktiv polimerlarga bo'linadi. Termoplastik polimerlar qizdirilganda yumshab plastik holatga o'tadi, sovutilganda esa o'zining avvalgi xossalarini saqlab qolgan holda qotadi. Termoreaktiv polimerlar qizdirilganda yumshaydi (shakl berish mumkin bo'lgan holatga o'tadi), so'ngra issiqlik yoki qotirgichlar ta'sirida hamda molekulasida aktiv guruhlar bo'lganligidan makromolekulalar o'zaro bog'lanib uch o'lchamli tuzilishga o'tadi va suyuqlanmaydigan, erimaydigan bo'lib qoladi. Masalan, fenolformaldegidli va aminoformaldegidli smolalar.

Polimerlar olinish usuliga qarab polimerizatsion va polikondensatsion polimerlarga bo'linadi. Polimerlar, tarkibida ikkitadan kam bo'lmagan reaksiyon qobiliyatli funksional guruh, karrali bog', beqaror halqalar saqlovchi monomerlardan sintezlanadi. Sintezlash ikki asosiy usul: polimerlanish va polikondensatlanish reaksiyalari yordamida amalga oshiriladi. Polimerlanish ko'p sonli monomer molekulalarining o'zaro birikib, qo'shimcha mahsulot ajralib chiqmay makromolekulalar hosil qilish jarayonidir. Bu jarayon qaytmas bo'lib, issiqlik ajralib chiqishi bilan boradi. Polimerlanish reaksiyasini amalga oshirish uchun avvalo monomerni passiv holatdan aktiv holga o'tkazish zarur. Buning uchun initsiatorlar (reaksiyani boshlab beruvchi moddalar), katalizatorlar, nur, issiqlik yoki yadro nurlanish energiyalaridan foydalaniladi. Polimerlanish reaksiyalari makromolekulaning hosil bo'lish mexanizmiga qarab bosqichli va zanjirli reaksiyalarga bo'linadi. Amaliyotda zanjirli polimerlanish reaksiyalari keng tarqalgan. Bu reaksiya uch bosqichdan: aktiv markaz hosil bo'lishi, zanjirning o'sishi, zanjirning uzilishidan iborat. Polimerlanish jarayoni radikal yoki ionli mexanizmida borishi mumkin (bu mexanizmlar organik kimyo kursida batafsil o'rganiladi).

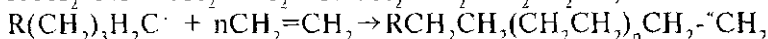
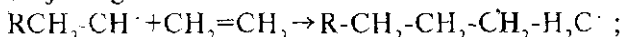
Radikal polimerlanishda zanjirli jarayonning boshlanishi harorat, nur, turli xildagi nurlantirishlar va initsiatorlar ta'sirida boradi. Ularning monomerga ta'siridan zanjirning o'sishiga olib keluvchi radikallar hosil bo'ladi. Initsiatorlar beqaror organik birikmalar bo'lib, termik parchalanganda o'zlari radikalga aylanadi, uning monomer molekulasi bilan o'zaro ta'sirida aktiv markaz hosil bo'ladi va bu markaz monomerlar bilan ta'sirlashib molekular massasi katta bo'lgan radikallar hosil qiladi (zanjirning o'sishi). Erkin radikallarda kimyoviy aktivligi yuqori bo'lgan juftlanmagan (toq) elektronning mavjudligi ularning monomerleri bilan reaksiyaga kirishishiga moyillik yaratadi:



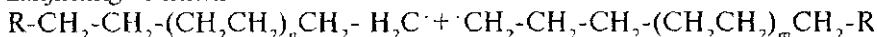
aktiv markaz hosil bo'lishi:



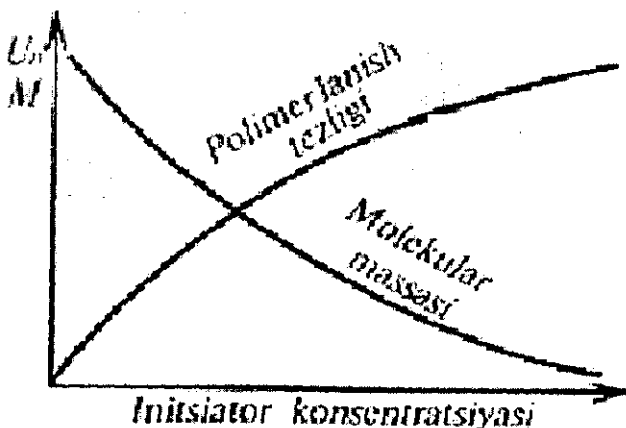
zanjirning o'sishi:



zanjirning uzilishi:



Zanjirning o'sishi ikkita o'sayotgan makroradikal uchrashishi hisobiga boradi. Boshqa radikal manbayi erituvchi, monomer molekulasi yoki polimerning o'zi bo'lsa unda zanjir uzatilish hodisasi kuzatiladi.

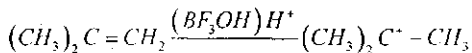


Polimerlanish darajasi zanjirning o'sish va uzilishi hamda uzatilishi tezliklari nisbatlari bilan aniqlanadi. Bu nisbat qanchalik katta bo'lsa, makromolekula zanjirining uzunligi ham shunchalik katta bo'ladi. Natijada hosil bo'lgan makromolekula zanjirining uzunligi va

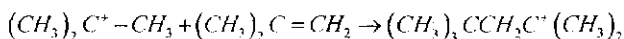
116-rasm. Polimer molekular massasining va polimerlanish tezligining initsiator konsentratsiyasiga bog'liqligi.

unga mos ravishda molekular massa har xil bo'ladi. Initsiator konsentratsiyasi yoki nurlantirish intensivligi oshirilsa, erkin radikallar soni ham, aktiv markazlar ham ortadi va demak, polimerlanishning umumiy tezligi ortadi, ammo polimerning o'rtacha molekular massasi kamayadi (116-rasm).

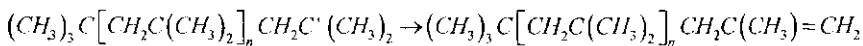
Polimerlanish vaqtini uzaytirish polimer unumini oshiradi va molekular massasiga ta'sir etmaydi. Haroratning ortishi jarayon tezligini oshiradi, ammo polimerning molekular massasini kamaytiradi. Bosimdan foydalanish gazsimon monomerlarni polimerlanishini tezlashtiradi va molekular massani oshiradi. Ion polimerlanish radikal polimerlanishdan farq qilib, katalizator ta'sirida zanjirli yoki pog'onali mexanizmida boradi. U. kationli va anionli polimerlanishga bo'linadi. Kationli polimerlanish L'yuis kislotalari ( $AlCl_3$ ,  $BF_3$ ,  $SnCl_4$  va boshqalar) ishtirokida boradi. Aktiv katalitik kompleksning monomerlar bilan o'zaro ta'siri aktiv markazning (kationing) paydo bo'lishiga olib keladi, u zanjirning o'sishini boshlab beradi:



Zanjirning o'sishi:



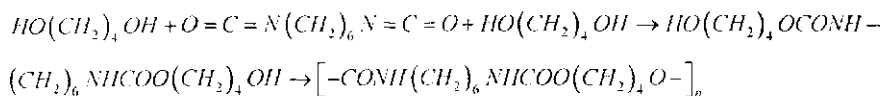
Zanjirning uzilishi protonning uzilib chiqishi yoki anionning **birikishi** hisobiga sodir bo'ladi:



Anionli mexanizmida polimerlanish suyuq ammiak muhitida ishqoriy metallarning amidlari ishtirokida va metalloorganik birikmalardan iborat kompleks katalizatorlar ta'sirida (masalan, valentligi o'zgaruvchan metallarning xloridlari (Sigler-Natta katalizatori  $Al(C_2H_5)_3, TiCl_4, TiCl_3$  ta'sirida boradi. Reaksiya mexanizmi kation polimerlanish kabi bo'lib, faqat bunda tezlatuvchi zarracha vazifasini anionlar bajaradi. Bu usul bilan qat'iy chiziqli tuzilishli stereoregulyar hamda fazoviy aniq yo'nalishli polimerlar olinadi. Stereoregulyar polimerlar yuqori mustahkamlikka va zichlikka egaligi, issiqqa chidamliligi bilan ajralib turadi.

Bosqichli polimerlanish mexanizmida monomer molekularlari bilan ketma-ket birikib dimer, trimer va shu kabilarni hosil qiladi, so'ngra ular o'zaro birikadi. Bunda vodorod atomi yoki qandaydir boshqa atomlar guruhi bir molekuladan boshqa molekulaga o'tishi mumkin. Shu usulda poliformaldegid smolasi, poliuretanlar, epoksidli smolalar va boshqalar

olinadi. Misol tariqasida geksametilendiizotsianat va 1,4 butandiyendan poliuretan olish reaksiyasini ko'ramiz:



Polimerlanish reaksiyasi qizdirish bilan olib boriladi. Sopolimerlanish kimyoviy tarkibi bilan bir-biridan farq qiluvchi, ikki yoki bir necha monomerlarni birgalikda polimerlanishi jarayonidir. Sopolimerlanish shunday xossalari polimerlar olishga imkon beradiki, bunda ushbu monomerlar alohida polimerlaganda bunday xossalari polimer olib bo'lmaydi. Masalan, butadienli kauchuk va uning asosida olingan rezina yuqori darajada elastiklikka ega, ammo yedirilishga chidamsiz, polistirool qattiq va mo'rt butadien va stiroolni birgalikda polimerlash (sopolimerlash) elastikligi kamaygan, ammo yedirilishga juda chidamli sintetik kauchuk olish imkonini beradi.

Sanoatda polimerlanish jarayoni to'rt usul bilan amalga oshiriladi:

- 1) blok usuli;
- 2) eritmada polimerlash;
- 3) emulsiyada polimerlash;
- 4) suspenziyada polimerlash.

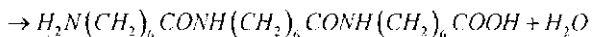
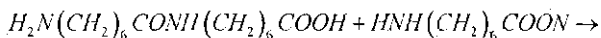
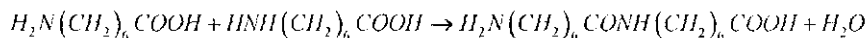
Blok polimerlash usulida monomer massada initsiator ishtirokida polimerlanadi va natijada polimer bloklar holida olinadi, maydalanadi va qayta ishlashga yuboriladi. Blok polimerlash usuli yordamida tayyor mahsulot olish ham mumkin. Buning uchun monomer va initsiator aralashmasi tayyor mahsulot shaklidagi qotipga solinadi va polimerlanadi. Natijada tayyor mahsulot shaklidagi polimer olinadi. Bunday usul bilan masalan tanglay tishlarning protezlari, organik shisha olinadi. Bu usulda polistirool, polietilen, poliakrilatlar va shu kabilar olinadi. Usulning kamchiligi olingan polimerlarni polidispersligi juda yuqori bo'ladi va molekular massasi emulsiya va suspenziya usulida olingan polimerlarga nisbatan kichik bo'ladi.

Eritmada polimerlash usuli erituvchida monomer yoki polimer yoki har ikkalasi eriganda qo'llaniladi. Birinchi holatda polimer cho'kadi, uni suyuq fazadan ajratib olinadi va quritiladi. Ikkinchi holatda lak olinadi. Bu usul blokda polimerlash usulidan afzal, chunki uni olib borish jarayonida issiqlik almashish, aralastirish oson kechadi. Bunday usulda polivinilatsetat, polivinilxlorid, polivinilatsetilen va shu kabilar olinadi. Bu usulda polidispersligi kam bo'lgan polimer hosil bo'ladi, ammo undan erituvchini to'liq ajratib olish katta muammo tug'diradi.

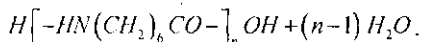
Emulsiyada polimerlash monomerni suvda eruvchi initsiator (tezlatuvchi), emulgatorlar va boshqa qo'shiladigan reagentlar bilan taxminiy, so'ngra barqaror emulsiya hosil bo'lguncha qattiq aralashtiriladi. Keyin emulsiya monomerning polimerlanishini ta'minlash darajasigacha qizdiriladi. Hosil bo'lgan polimerni emulsiyadan kuchli elektrolitlar (kislota va tuzlar) qo'shish yo'li bilan ajratib olinadi. Jarayonning kinetikasiga harorat, vaqt, initsiator miqdori, emulgator tabiati va miqdori, aralashtirish tezligi ta'sir etadi.

Suspensiyada polimerlash usulida suvda erimaydigan, ammo monomerlarda eruvchi initsiatordan foydalaniladi. Shuning uchun emulsion polimerlanishda reaksiya monomer misellalarda borsa, suspensiyada monomer tomchisida boradi. Natijada donador shaklda, nisbatan molekular massasi katta bo'lgan polimer hosil bo'ladi, u cho'kmaga tushadi yoki eritmadan filtrlab ajratib olinadi.

Polikondensatlanish — molekular tarkibida bir necha funksional atomlar guruhi tutgan moddalarning o'zaro bir-biri bilan bosqichma-bosqich birikishidan polimer hosil bo'lish jarayonidir. Bunda suv, spirt, uglerod oksidi, ammiak kabi kichik molekular massali qo'shimcha mahsulotlar ajralib chiqadi. Olingan polimerning elementar zvenosining tarkibi dastlabki monomerlar tarkibidan birmuncha farq qiladi. Bu usulda fenolformaldegidli, mochevinaformaldegidli, poliefirli smolalar olinadi. Ular anid, lavsan, enant kabi sintetik tolalarni olish uchun xomashyo hisoblanadi. Masalan, aminoenant kislotasini polikondensatlash orqali enant tolasi ishlab chiqarishda foydalaniladigan smola olinadi:



va shu kabi to polimergacha



Dastlabki monomerning tabiatiga va qo'llanadigan usulga qarab polikondensatlanish qaytar (muvozanatli) va qaytmas bo'ladi. Qaytar polikondensatlanishda reaksiya zonasidan kichik molekular massali qo'shimcha mahsulotlari tezlik bilan chiqarib turilsa jarayon tezligi ortadi. Qaytmas polikondensatlanish katta tezlikda boradi. Polikondensatlanish jarayonida polimerning molekular massasi doim o'sib boradi va reaksiya muhitining qovushqoqdigi ortadi. Hosil bo'lgan makromolekularning harakatchanligi kamayadi va qo'shimcha mahsulotlarni ajratib olish

qiyinlashadi. Bu holat jarayonning sekinlashuviga va to'xtab qolishiga olib keladi.

Dastlabki monomerning tabiatiga va polikondensatlanish sharoitiga qarab hosil bo'lgan polimer chiziqli (poliamidlar, poliefirlar) va uch o'lchamli (aminoplastlar, fenoplastlar, to'yinmagan poliefirlar) tuzilishga ega bo'ladi. Polikondensatlash katalizator ishtirokida yoki katalizatorsiz olib borilishi mumkin. Foydalaniladigan katalizatorning tabiatiga qarab olinadigan polimerning xossalriga ta'sir ko'rsatishi mumkin. Masalan, fenol va formaldegid kislotali katalizator ishtirokida polikondensatlangan novolak termoplastik smolasi hosil bo'lsa ishqoriy katalizator ishtirokida esa termoreaktiv rezol smolasi hosil bo'ladi. Sanoatda polikondensatlanish suyuqlanmalarda, eritmalarda yoki fazalar sirti yuzasida olib boriladi.

Suyuqlanmalarda polikondensatlanishda moddalar va hosil bo'ladigan polimer suyuqlantirilgan holatda uzoq muddatgacha parchalanmay tura olmagina foydalaniladi. Bu usulda poliefirlar, yuqori sifatli poliamidlar olinadi.

Eritmalarda polikondensatlanish jarayoni monomer va hosil bo'luvchi polimer erituvchida erisa yoki faqat dastlabki komponentlar eriganda qo'llaniladi. Eritmada polikondensatlanish jarayoni katta tezlikda boradi. Ammo polimerni yaxshilab tozalash hamda erituvchini regeneratsiyalash zarur bo'ladi.

Fazalar sirti yuzasida polikondensatlanish har qaysi erituvchida monomerlar alohida-alohida eritilgan, bir-biri bilan aralashmaydigan ikki suyuqlikda olib boriladi. Erituvchi sifatida ko'pincha suv va uglevodorodlar ishlatiladi. Polikondensatlanishning bu turi juda katta tezlikda boradi, shuning uchun plyonka va tolani bevosita fazalar sirt chegarasida olish mumkin.

Polimerning qotishi va erimaydigan holatga o'tishi uchun chiziqli tarmoqlangan polimerni uch o'lchamli holatga o'tkaziladi. Bu jarayon qizdirish, nurlantirish yoki reagentlar ta'sir ettirish va boshqa usullar bilan amalga oshiriladi. Masalan, ko'pgina polikondensatlanish orqali olingan fenolformaldegidli smolalarni geksametilentetramin (urotropin) bilan qizdirilganda ular choklanish hisobiga qotadi va qayta ishlänish xossasini yo'qotadi.

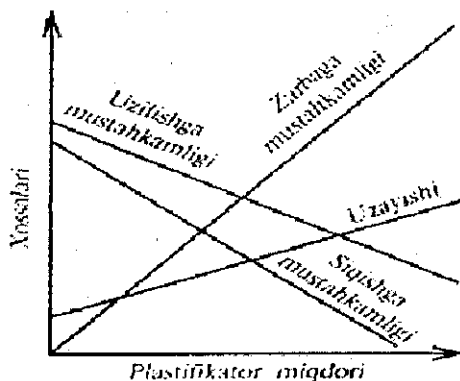
### 13.3. Plastmassa ishlab chiqarish

Plastik massa (qisqacha plastmassa) deb, yopishtirgich (polimer), to'ldiruvchi va plastifikator aralashmasidan olinadigan materiallarga aytiladi. Aralashmaga ko'pincha boshqa moddalar ham qo'shiladi. Ular yuqori harorat va bosimda shakl berish mumkin bo'lgan plastik holatga o'tadilar, sovitilgach berilgan shaklni saqlab qoladi. Barcha plastmassalarni polimerning tabiatiga qarab to'rt turga bo'lish mumkin: 1) polimerlanish



orqali olingan polimer asosidagi plastmassalar (polietilen va uning hosilalari, polistirol va boshqalar asosida olinganlari); 2) polikondensatlanish polimerlari asosidagi plastmassalar (fenolformaldegidli, aminoformaldegidli, kremniy organik poliefir va boshqa smolalar); 3) tabiiy polimerlarni kimyoviy o'zgartirib olingan polimerlardan tayyorlangan plastmassalar (sellulozaning oddiy va murakkab efirlari); 4) tabiiy va neft mahsulotlari, organik birikmalarining destruksiya mahsulotlari asosida olinadigan plastmassalar. Plastmassalar tarkibiga qarab to'ldirgichsiz, qo'shimchalari juda kam bo'lgan amalda asosan polimerdan tashkil topgan plastmassalar va to'ldirgichli, polimerdan tashqari to'ldirgichlari, plastifikatorlari, buyoklari, stabilizatorlari (turg'unlagich), qotirgichlari va boshqa qo'shimchalari bo'lgan plastmassalar.

To'ldirgichlar qattiq moddalar bo'lib, plastmassaning mexanik yoki dielektrik xossalarini kuchaytiradi, shakl berganda o'tirishini (cho'kishini) va buyumning tannarxini kamaytiradi. To'ldirgichlar ko'pincha tashqi ko'rinishini, yonmasligini, suvga chidamliligini yaxshilaydi. To'ldirgich sifatida organik va mineral birikmalar ishlatiladi. Ular kukunsimon (yog'och, slyuda, kvars kukunlari, qurum, grafit, bariy sulfat, kaolin, talk) tolasimon (paxta, asbest va shisha tolalari), bo'lakchalar ko'rinishida (yog'och qipiqdari va turli materialning qiyqimlari), mato ko'rinishida (qog'oz, tekstil va shisha gazlamalari) bo'lishi mumkin. 117-rasmda polimerning mexanik xossalarini plastifikatorning miqdoriga bog'liqligi chizmasi ko'rsatilgan.



117-rasm. Polimerning tarkibida plastifikator miqdoriga qarab mexanik xossalarining o'zgarishi.

Plastifikator miqdori ortishi bilan molekulalararo o'zaro ta'sirning kamayishi tufayli plastmassaning mustahkamligi cho'zilish va siqilishga nisbatan kamayadi, ammo zarbga nisbatan ortadi. Plastifikator sifatida alkilfatlatlar, trikrezilfosfat, kastor moyi, sebasin kislotasi efirlari keng foydalaniladi.

Bo'yoqlar plastmassaga rang beruvchi organik yoki mineral moddalardir. Ular plastmassaga yaxshi aralashib, singib ketuvchi yoki polimerda eriydigan bo'lishi, termik mustahkam, nur ta'siriga chidamli, suvda

erimaydigan, buyumga shakl berish va undan foydalanish davrida ham rangini yo'qotmaydigan bo'lishi kerak.

Qotirgichlar, chiziqli makromolekulalarni biriktirib ("tikib") uch o'Ichamli polimer tizimni hosil qiladigan moddalardir. Qotirgich sifatida geksametilentetraamin, dikarbon kislotalar, diaminlar, oltingugurt, to'yinmagan birikmalar va boshqa makromolekulaning funksional guruhlari bilan birika oladigan moddalar ishlatiladi. Plastmassalar tarkibida presslashni osonlashtiruvchi — moylovchi, ya'ni surtiladigan moddalar (metall stearatlar), shakl berish paytida yoki qotayotganda gaz ajratib chiqarib g'ovaklar hosil qiluvchi birikmalar, polimerning dastlabki xossasini saqlab qolishini ta'minlovchi — turg'unlashtirgichlar (eskirishni oldini oluvchilar), mikroorganizmlar tomonidan parchalanishning oldini oladigan — fungitsid va boshqa biologik aktiv qo'shimchalar qo'shiladi.

Plastmassalar amalda sanoatning barcha tarmoqlarida qo'llaniladi. Ular mashinalar uchun ajoyib konstruksion materiallar sifatida, agressiv reagentlarga chidamliligidan kimyo sanoatida, elektroizolator xossasi borligidan elektr-radiotexnikada, mikroelektronikada, issiqlik va tovushni yomon o'tkazganligidan sovitgichlarda, sanoatda yengilligidan transport va aviatsiyada, tibbiyotda keng ko'lamda ishlatiladi. Ularning ko'rinishi chiroyli, arzon, zaharsiz, shakl berish osonligi va yengilligidan o'rash-joylash materiallari hamda uy-ro'zg'or buyumlari tayyorlashda ham keng qo'llaniladi.

Shu bilan bir qatorda ularning kamchiliklari ham bor. Masalan, ular yuqori haroratga chidamsiz (ko'pchilik turlari 150°C ga chidamli bo'ladilar, xolos), yonuvchi, vaqt o'tishi bilan eskiradi (tashqi ko'rinishi va mexanik xossalari yomonlashadi).

### **13.4. Polikondensatlanish polimerlari va ular asosida olinadigan plastmassalar**

Polikondensatlanish polimerlarining (smolasi) ishlab chiqarishda fenolaldegidligi, aminoaldegidligi, poliefirligi, poliamidligi va boshqa xillari ishlatiladi. Ularning ba'zilari termoplastik bo'lsa, ba'zilari termoreaktivdir. Harorat ko'tarilishi bilan ularning fizik-kimyoviy xossalari polimerlanish polimerlariga nisbatan kam o'zgaradi.

Aldegidli smolalar olish uchun fenollar, krezollar, ksilenollar, anilin, melanin, mochevina, tiomochevina va aldegidlardan (formaldegid, atsetaldegid, furfural) foydalaniladi. Poliefir smolalar, glitserin, etilenglikol va ikki asosli kislotalar — ftal, fumar va adipin kislotalaridan tayyorlanadi. Epoksid smolalari uchun epixlorgidrin va difenilopropanlar xomashyo hisoblanadi. Kremniy organik polimerlar dixlor yoki trixlorsilanlar va

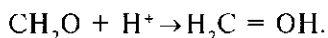
tegishli efitrlardan sintezlanadi. Ushbu xomashyolarning qariyb barchasini neftkimyo kombinatlari yetkazib beradi.

### 13.5. Fenoplastlarni ishlab chiqarish

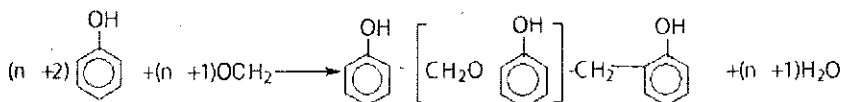
Sanoatda fenoplastlar ishlab chiqarish jarayoni uch asosiy bosqichni o'z ichiga oladi: polimerni sintezlash (fenol formaldegid smolasi), presslanadigan kompozitsiya olish va shakl berib buyum yasash.

Fenolning formaldegid bilan reaksiyasi tipik suyuq fazali gomogen katalitik jarayondir. Foydalaniladigan katalizatorga qarab ikki turdagi termoplastik va termoreaktiv smolalar olinadi.

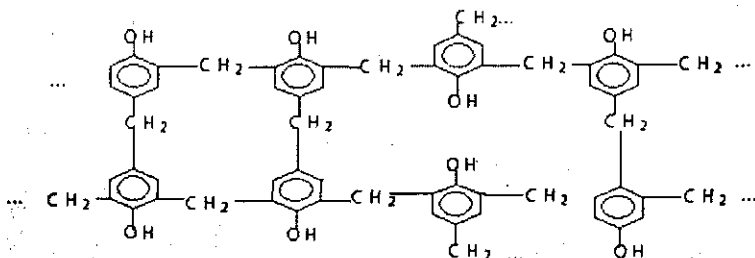
*Termoplastik (novolak) smolalar.* Fenol miqdori ortiqcha (6 mol  $\text{CH}_2\text{O}$  ga 7 mol  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ) olinganda hamda kislotali katalizatorlardan (odatda xlorid kislotasidan) foydalanilganda hosil bo'ladi. Kislotaga formaldegidni protonlash va karbonil uglerodida elektron zichligining ortishi hisobiga katalizlaydi:



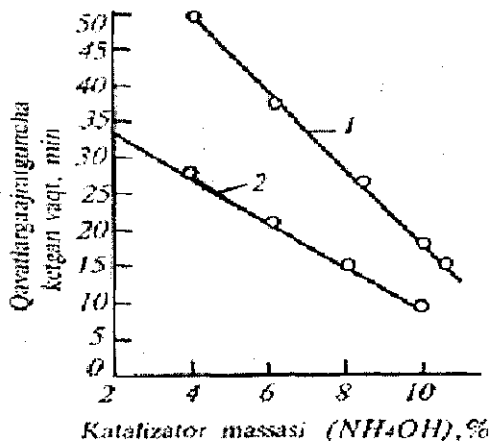
Kislotali kataliz, asosan oksimetil hosil bo'lishiga olib keladi, so'ngra uning polikondensatlanishdan chiziqli tizim hosil bo'ladi:



Termoreaktiv yoki rezol smolalar, aksincha ortiqcha formaldegid (6 mol  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  ga 7 mol  $\text{CH}_2\text{O}$ ) olinganda hamda ishqoriy katalizator ishtirokida ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{NaOH}$ ) hosil bo'ladi. Ishqor fenolni aktiv fenolyat ioniga aylantirish yo'li bilan reaksiyani katalizlaydi, u formaldegid bilan o'zaro ta'sirlashib o- va p- oksimetilfenollar va o-, p- di oksimetilfenollarga aylanadi. Bular esa qizdirilganda 3 o'lchamli tizimga aylanadi ( $p=4-10$ ).



Reaksiyaning yo'nalishi va kinetikasini belgilovchi asosiy faktorlar: harorat, vaqt, katalizator tabiati va konsentratsiyasidir. Polikondensatlanish tezligi dastlabki reaksiyon aralashmada katalizator va formaldegid miqdorini oshirish bilan ortadi (118-rasm).



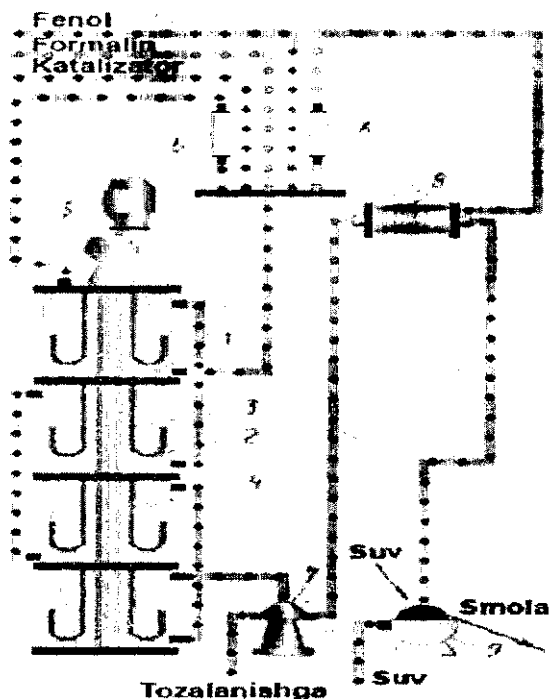
118-rasm. Fenolning formaldegid bilan kondensatsiyalanish tezligining katalizator konsentratsiyasiga bog'liqligi.

Fenol miqdorining formaldegid miqdoriga bo'lgan nisbati qanchalik kichik bo'lsa, smolaning molekular massasi shunchalik katta bo'ladi. Jarayonga ketgan vaqt qanchalik katta bo'lsa, reagentlarning birikishi to'liq bo'ladi va smolaning o'rtacha molekular massasi ham katta bo'ladi.

Sanoatda rezol (bakelit) va novolak smolalari quruq va suyuq holatlarda hamda emulsiya va laklar holida davriy va uzluksiz usullarda ishlab chiqariladi. Texnologik jarayon quyidagi ketma-ket boruvchi asosiy operatsiyalardan iborat bo'ladi: xomashyoni tayyorlash

(fenolni suyuqlantirish), tozalash, xomashyoni va katalizatorni reaktorga solish, smolani kondensatlash (pishirish), smolani quyib olish va quritish, smolani sovitish va unga so'nggi ishlov berish kabilardan iborat. 119-rasmda novolak smolasini olish qurilmasining uzluksiz usuli sxemasi tasvirlangan. Barcha dastlabki moddalar 95–98° C gacha taxminiy qizdirilib, reaktor kolonnasining (2) birinchi bo'lmasiga uzluksiz tushib turadi. Reaksiyon aralashma yuqoridagi shtutser (sirti rezbali katta quvurchasi) va quyuvchi quvurlar orqali ketma-ket barcha seksiyalarga quyiladi.

Har bir seksiya changak ko'rinishdagi aralastirgich (3) bilan ta'minlangan bo'lib, to'liq aralastirgich sharoitida ishlaydi. Aralastirgichlar umumiy o'qqa (4) mahkamlangan va umumiy dvigatel (5) bilan aylantiriladi. Dastlabki komponentlardan uchib chiqqan bug'lar sovitgichda (6) kondensatlanib kolonnaning birinchi seksiyasiga qaytariladi. Reaktorning ostki seksiyasidan olingan massa uzluksiz separatorga (7) tushadi, smola smola usti suyuqligidan ajralib quritish apparatiga (8) jo'natiladi, u yerdan sovituvchi barabanga (9) va transportyor yordamida smola kompozitsiyasi tayyorlash sexiga boradi.



119-rasm. Uzluksiz usulda novalak smolasini ishlab chiqarish qurilmasining sxemasi: 1 — aralashtirish minorasi-reaktor; 2 — aralashtirgich; 3 — umumiy o'q; 4 — quvurcha; 5 — retuktorli dvigatal; 6 — sovitgichlar; 7 — separatorlar; 8 — qurituvchi apparat; 9 — sovituvchi baraban

Fenolformaldegid smolasidan quyidagi shakllarda fenoplastlar olinadi: 1) quyma rezitlar (to'ldirgichsiz), 2) presslanuvchi materiallar (to'ldirgichlari kukunsimon yoki tolasimon), 3) yopishtiruvchi komponentlar (qavat-qavat shaklidagi plasmassalar uchun), 4) yelimlar, laklar (metall va yog'och yuzasini qoplash uchun), 5) poroplastlar (g'ovak plastmassalar va boshqalar).

Presslanuvchi materiallar — presskukun ayniqsa keng sohalarda ishlatiladi. Qattiq smola yaxshilab maydalanib, unga to'ldirgichlar (yog'och qipig'i, kaolin, talk, slyuda, grafit, kvars, asbest, shisha tolasi va hokazolar) va qotirgich (urotropin), buyok va pigmentlar qo'shib aralashtiriladi. Presskukun tarkibida 40—50 % smola bo'ladi. Presskukun 160—180° C da 60 MPa bosimli gidravlik press yordamida presslanib, turli mahsulotlar: rozetka, dasta-tutqichlar, elektr asboblari turli mexanizmlar uchun ushlagich, g'illoflar, radio, tele-qismlar va hokazolar olinadi.

Tolasimon fenoplastlar, turli xil tolalarga fenolformaldegid smolasi eritmasini shimdirish yo'li bilan olinadi, undan juda ko'p buyumlar (avtomobillarning tormoz kolodkalari, quvurlar, vannalar, adsorberlar, jo'mraklar, turli sig'imli idishlar va hokazolar) tayyorlanadi.

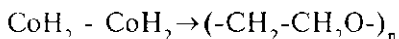
### 13.6. Oddiy va murakkab poliefirli polimerlar ishlab chiqarish texnologiyasi

Birinchi poliefirli polimerni 1847-yilda Berselius glitserin va vino kislotasini o'zaro ta'sir ettirib olgan. Poliefirli polimerlarni sanoat miqyosida 1920-yildan boshlab AQSH, Angliya va Germaniyada ishlab chiqarila boshlandi.

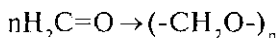
Poliefirli polimerlar zanjirining tuzilishiga qarab oddiy makromolekulasida oddiy efir -C-O-C- va murakkab efir -CO-O- bog' saqlovchilarga bo'linadi. Yana ular karbozanjirli (efir guruhi makromolekulani yon zanjirda joylashgan) va geterozanjirli (efir guruhi makromolekulaning asosiy zanjirida joylashgan) bo'ladi.

Geterozanjirli polioefirlar yana 3 ga bo'linadi: alifatik, aromatik va geterotsiklik zvenoli poliefirlar. Oddiy poliefirlar quyidagi usullar bilan olinadi:

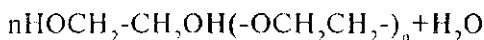
1. Beqaror aldegid oksidlarni polimerlab:



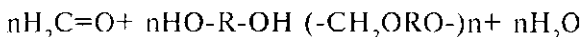
2. Aldegidlarni polimerlab:



3. Ko'p atomli spirtlardan suv chiqarib:

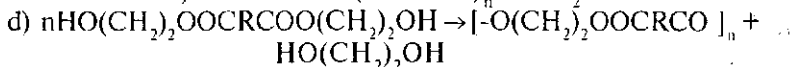
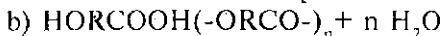


4. Aldegidlarni ikki atomli spirtlar bilan o'zaro ta'sirlab:



Murakkab poliefirlar quyidagicha olinadi:

murakkab efir bog'ini hosil qiluvchi birikmalarni polikondensatlab:

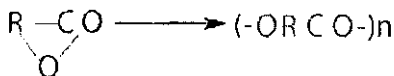


Agar reksiya mahsulotlari bifunksional birikmalardan sintezlansa chiziqli polimerlar hosil bo'ladi. Ikkitadan ortiq guruhi bo'lgan birikmalardan sintezlansa tarmoqlangan zanjirli yoki uch o'lchamli poliefirlar hosil bo'ladi. Ko'p atomli spirtlar va ko'p atomli kislotalardan tashqari ularning hosilalaridan (efirlari, angidridlari, xlorangidridlari, alkagolyatlari va boshqalar) ham foydalanish mumkin. Karbon kislotalarni xiliga qarab

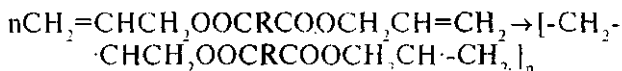
olingan polimerlar to'yingan yoki to'yinmagan bo'lishi mumkin (qo'shbog' saqlaydi).

5. Siklik efirlarni polimerlab olinadi:

6. To'yinmagan efirlarni radikal mexanizm bo'yicha polimerlash orqali



olinadi:



Qo'llaniladigan texnologiya va xomashyoga qarab murakkab poliefirlarni chiziqli va to'yinmagan poliefirlar, polikarbonatlar va alkidli polimerlarga bo'lish mumkin.

*Oddiy poliefirlar.*

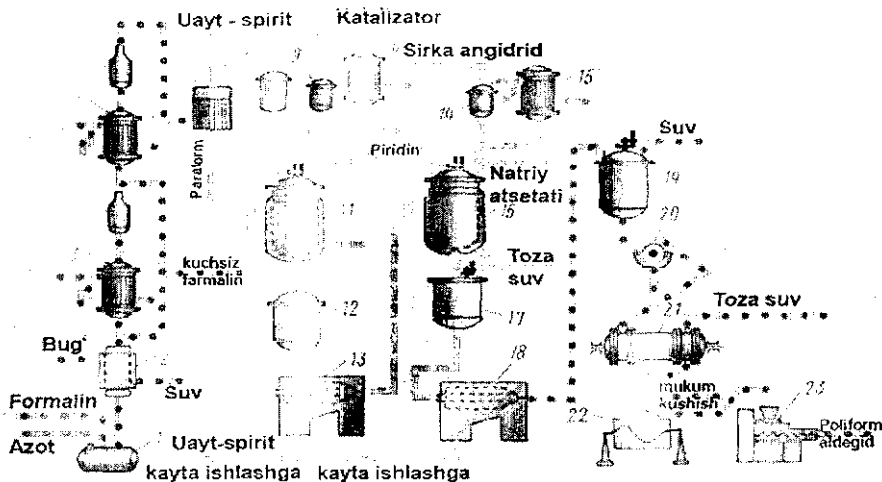
Oddiy poliefirlardan (umumiy formulasi  $\text{HO}-(\text{RO}-)_n\text{-H}$ ) diqqatga sazovori polioksimetilen va penoplastdir.

Poliformaldegidning (polioksimetilen) xomashyosi gazsimon formaldegiddir. Uni polimerlash ion mexanizmidan boradi. Katalizator sifatida aminlar, aminospirtlar, arsinlar, fosfinlar, ishqoriy metall tuzlaridan foydalaniladi. Polimerlash  $20-50^\circ\text{C}$  da olib boriladi. Polimer oq kukun holda paydo bo'ladi. Olingan polimerning issiqqa chidamliligini oshirish va eskirishini oldini olish maqsadida, chekkadagi gidroksil guruhlari atsetillanadi (sirka ангидриди bilan) hamda turli turg'unlovchilar: aromatik aminlar, fenollar, gidrazinlar, tuzlar, metall oksidlari va boshqalar kiritiladi.

Poliformaldegid ishlab chiqarishning texnologik jarayoni quyidagi bosqichlardan iborat: formalinni tayyorlash, gazsimon formaldegidni olish va uni tozalash, formaldegidni polimerlash, poliformaldegidni yuvish va quritish, stabillash (turg'unlash) va donadorlash (120-rasm).

Formalinni tayyorlash rektifikatsiya minoralarida olib boriladi va 100 ml da 50 — 60g formaldegid saqlovchi konsentratsiyali formalin olinadi. Buning uchun rektifikatsiyadan chiqqan formalin konsentrlangan formalin yig'gichi 1da to'planadi. Undan gazsimon aldegid olish uchun u bug'lantirg'ich (2)ga o'tadi, gazsimon formaldegid 3,5 sovitgichlarda suyuqlikdan ajralib 4,6 — gaz ajratgichlar orqali tozalashga o'tadi. Tozalash muzlatish yo'li bilan amalga oshiriladi.

Formaldegid muzlatgich (7)ga o'tadi Aldegid muzlatgichdan o'tganda qisman suv va boshqa qo'shimchalarni biriktirib olib, qisman polimerlanadi. Hosil bo'lgan qattiq oligomer (paraform) sovitgich quvuri ichida devorlarga



120-rasm. Poliformaldegid ishlab chiqarish qurilmasining sxemasi:

1,8 — yig'gich; 2 — bug'lantirg'ich; 3,5,10,15 — sovitgichlar; 4,6 — gaz ajratgichlar; 7 — muzlatgich; 9 — reaktor; 11 — polimerizator; 12 — qabul idishi; 13,18 — sentrifuga; 16 — atsetilyator; 14 — sirka angidrid saqlanadigan idish; 17 — tindirgich; 19 — yuvish uskunasi; 20 — vakuum barabanli filt; 21 — vakuum quritgich; 22 — aralastirgich; 23 — donadorlash uskunasi.

o'tirib qoladi. Uning miqdori formaldegid massasining 25—40% ini tashkil qiladi. So'ngra u maxsus moslama yordamida quvur devorlaridan ajratib olinadi va olingan paraform suvda eritilib yana formalinga aylantiriladi va rektifikatsiya minorasiga konsentrlash uchun yuboriladi. Muzlatgich (7)dan chiqqan toza 99 % gazsimon monomer (11) polimerizatorga tushadi. Polimerlash uayt-spirit muhitida olib boriladi, yig'gichdan (8) kerakli miqdorda uayt-spirit polimerizatorga quyiladi. Reaktorga (9) idishdan katalizator eritmasi kalsiy stearati tushadi. Polimerlash 40—50° C da boradi. Reaktor ko'ylagi silindrsimon uskuna bo'lib, ichida aralastirgichi o'rnatilgan va sovitgichi (10) bor. Reaktordan polimerning uayt-spiritdagi pulpasi qabul idishiga (12) tushadi va undan sentrifugaga (13) olib beriladi, suyuqligi ajratiladi va regeneratsiyalashga, polimer esa atsetillashga yuboriladi.

Atsetillash atsetilyatorida (16) sirka angidridi bilan amalga oshiriladi. Idishdan (14) sirka angidrid tushadi va atsetillash natriy atsetat, piridin va uayt-spirit ishtirokida atsetillanadi. Atsetillash 135—140° Cda 4 soat mobaynida boradi. Reaksiya tugagach reaksiyon aralashma 30° C gacha sovitgichda (15) sovitiladi va o'z oqimi bilan tindirgich (17)ga oqib tushadi, so'ngra undan



sentrifugaga (18) yuboriladi va u yerda eritmadan ajratiladi. So'ngra poliformaldegid yuvish uskunasi (19) o'tkaziladi, u yerda neytral reaksiyagacha suv bilan yuviladi. Yuvuvchi uskunani aralashtirgichi va filtri bo'lib, yuvilgan suv filtdan o'tib chiqadi. Yuvilgan polimer vakuum barabanli filtrga (20) olib beriladi va undan vakuum quritgichga (21) o'tadi, u yerda bug' bilan 70° Cda 24—28 soat mobaynida quritiladi. Namligi 0,2% bo'lib qurigach turg'unlanadi. Turg'unlanish aralashtirgichda (22) 1—1,5 soat olib boriladi va unda 100 og'irlik qism poliformaldegidga 2 og'irlik qism difenilamin, titan (II) oksidi, 0,4 og'irlik qism va 1—2 og'irlik qism poliamid qo'shiladi. Tayyor poliformaldegid donadorlash uskunasi (23), donadorlanadi.

Poliformaldegid oq kukun bo'lib, undan 120° C gacha chidamli quvurlar, santexnika buyumlari, armaturalar, plyonkalar, tunukalar tayyorlanadi. Zichligi 1400 kg/m<sup>3</sup>, 170—180° Cda suyuqlanadi, molekular massasi SFD markasi — 30000, STD markasi — 120000 ga teng.

### 13.7. Polimerlanish polimerlari va ular asosidagi plastmassalar

Polimerlanish reaksiyasi asosida olingan smolalarga (polimerlarga) polietilen, polipropilen, politetraforetilen, polivinilxlorid, polivinilatsetat, polistirol, poliakrilat va boshqalar kiradi. Bu smolalar asosida olinadigan plastmassalar termoplastik, tarkibida to'ldirgich miqdori kam, yaxshi dielektrik xossasiga ega, agressiv muhitga chidamli, turli usullar bilan (presslash, kuyish, ekstruziya, puflash, vakuumda shakl berish, qoliplash, ko'pirtirish, payvandlash, mexanik ishlov berish) shakl berish mumkin bo'ladi. Ularning nuqsonli shakllari (brak) va chiqindilari qayta ishlanib, yana buyumga aylantiriladi. Bu sinf plastmassalarining kamchiligi tashqi kuch ta'sirida yoyiluvchan bo'lishi, haroratga chidamsizligi, tez eskirishidir.

### 13.8. Polietilen ishlab chiqarish texnologiyasi

*Polietilen* ishlab chiqarish uchun etilen xomashyo hisoblanadi. Uni polimerlash uchun o'ta toza (99 %li) etilen ishlatiladi, aks holda (ozgina aralashmasi bo'lsa ham) reaksiya jarayonida zanjimning tez uzilib polimer molekular massasining kichik bo'lishiga olib keladi.

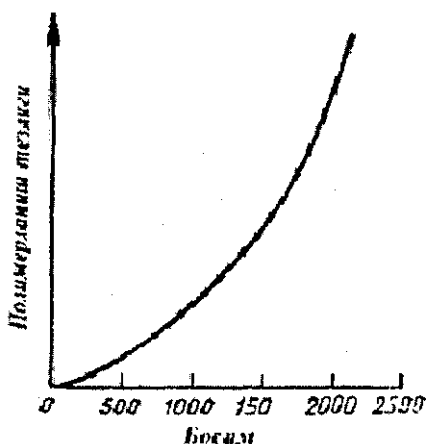
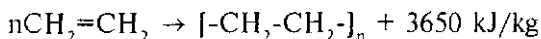
Sanoatda polietilen uch xil usul bilan ishlab chiqariladi:

1. Yuqori bosimda (135—250 MPa bosimda, 200—270° C da 0,008 % kislorod ishtirokida).

2. O'rtacha bosimda (3,5—4 MPa, 130—170° C da, xrom va vanadiy oksidlari katalizator ishtirokida).

3. Past bosimda (0,5—0,8 MPa, 70—80° C da kompleks katalizatorlar —  $Al(C_2H_5)_3 + TiCl_4$  ishtirokida, uglevodorodli muhitda).

Keyingi ikki usulda olingan polietilen qat'iy chiziqli tuzilishga ega, molekular massasi 140000 atrofida bo'ladi. Yuqori bosimli usulda olingani esa tarmoqlangan tuzilishga ega bo'lib, molekular massasi 450000 atrofida bo'ladi. Yuqori bosimda polietilenning polimerlanishi radikal mexanizmida issiqlik ajralishi bilan quyidagi reaksiya bo'yicha boradi:



121-rasm. Etilenning polimerlanish tezligiga bosimning ta'siri.

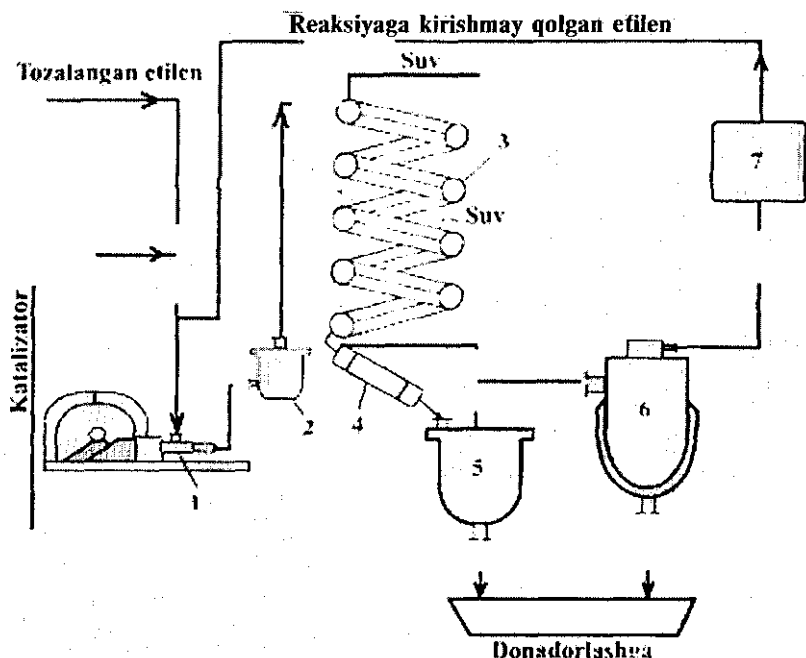
Polimerlanish tezligi, etilenning tozaligi, initsiator miqdori, harorat va bosimga bog'liq. Bosim ortishi bilan reaksiya tezligi (121-rasm) va mahsulot unumi ortadi.

Etilen tarkibida kislorod miqdori qanchalik ko'p bo'lsa, reaksiya shunchalik shiddatli, polimer unumi yuqori, molekular massasi shunchalik kichik bo'ladi.

Etilenning yuqori bosimda polimerlanishi quvursimon turdagi yoki ichida aralashtirgichi bo'lgan reaktorlarda olib boriladi (122-rasm).

Etilen sirkulatsion (aylanma) gaz va 0,008 % gacha kislorod bilan aralashtirilgan ko'p pog'onali

kompressorda 120—200 MPa gacha siqiladi va moy tozalagich (2)da tozalanib polimerizatorga keladi. Reaktor o'ralma shaklida yasalgan bo'lib, ideal siqib chiqarish tartibida ishlaydi va uning uzunligi 300 m, diametri 10—24 mm gacha bo'ladi. Polimerizator harorat tartibiga ko'ra uchta bo'limga bo'linadi: etilenni 200° C gacha qizdirish, 200—250° C haroratda polimerlash, reaksiyon aralashmani 110—125° C gacha sovitish. Polietilen suyuqlanmasi va reaksiyaga kirishmay qolgan etilen aralashmasi separator (4)ga o'tadi u yerda uning bosimi 25—30 MPa gacha pasayadi, so'ngra ajratgich-qabul qiluvchi changa (razdelitel-priyomnik) tushadi, u yerda bosim 0,1—0,3 MPa gacha pasayib gaz polimerdan ajralgach, polimer turg'unlashga, so'ngra bo'yashga va donadorlashga yuboriladi. Reaksiyaga kirishmay qolgan etilen tutib qoluvchi idish (6)ga o'tadi, undan yuvuvchi uskuna orqali tozalanib yana polimerlashga qaytariladi. Etilenni reaktor orqali bir marta o'tgandagi polimerga aylanish darajasi 16—25% ga teng



**122-rasm.** Yuqori bosimda polietilin olish sxemasi: 1 — kompressor; 2 — moy ajratgich; 3 — quvursimon polimerizator; 4 — separator; 5 — ajratkich-qabulchani; 6 — ushlagich; 7 — tozalovchi apparat.

bo'ldi. Sirkulatsiya (aylantirish) tufayli polietilenning umumiy unumi 95—97% ga yetkaziladi.

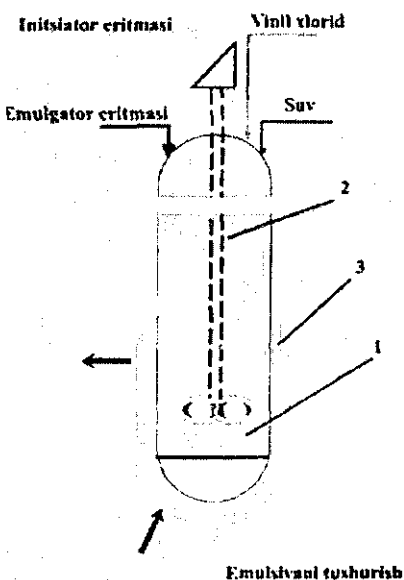
Past bosimda etilenning polimerlanishi hajmi 50 m<sup>3</sup> li reaktorda olib boriladi. Reaktorga uzluksiz Sigler-Natta ( $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3 + \text{TiCl}_4$ ) katalizatorning past haroratda qaynovchi (75—95<sup>o</sup> C) benzindagi suspenziyasi va 94,8 % etilen tushib turadi. Hosil bo'lgan polietilen cho'kadi va erituvchilardan separatorda ajratiladi. Reaksiyaga kirishmagan etilen va erituvchi tozalanadi, reaktorga qaytariladi. Qurilmaning mahsuldorligi 25 ming t/yil, unumi 95—98 %, 1 tonna polietilenga 4,8 kg  $\text{TiCl}_4$  va 2,4 kg  $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$  sarflanadi.  $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$  ni regeneratsiyalab bo'lmaydi. Bu usulda olingan polietilen fizik-kimyoviy xossalari bilan yuqori bosimda olinganligidan ustun turadi.

1978-yilda polietilen olishning yangi usuli ishlab chiqildi. Bu qattiq katalizator zarrachalarining qaynovchi qavatda etilenni polimerlashning gaz fazali jarayonidir. Bunda mahsulot 0,5—1 mm li granular ko'rinishida va oraliq operatsiyalarsiz (yuvish, quritish, suyuqlantirish

— xarajatlarning 30 %) olinadi. Bu usulda olingan polietilen boshqa usullarda olinganiga qaraganda ikki marta mustahkamroq bo'lib, materiallarni ko'plab iqtisod qilish imkonini beradi va u zichligi past polietilen deb ataladi. Ultra yuqori molekular massali polietilen ham olindi. Polietilendan (yuqori bosimda olinganidan) plenklar, ichaklar, idishlar, (o'rta va past bosimda olinganidan) — quvurlar, uskunalar qismlari, suv osti kabellari, simlarni elektrizolatsiya va metallarni korroziyadan himoya qiluvchi qoplamalari, penoplastlar, xo'jalik va uy-ro'zg'or buyumlari tayyorlanadi.

### 13.9. Polivinilxlorid ishlab chiqarish

Polivinilxlorid ishlab chiqarish uch xil usulda: blokda, suspenziyada va emulsiyada amalga oshiradi. Emulsiya usulida reaktorga (123-rasm) toza suv, 5 % li jelatina eritmasi — emulgator (vinilxlorid massasining 0,6



123-rasm. Vinilxloridning suv emulsiyali polimerlanish sxemasi.

% miqdorida) va initsiator (monomer massasining 0,3—0,7% li miqdorda) hamda suv massasiga teng miqdorda vinilxlorid solinadi.

Polimerlash, 0,5—0,6 MPa bosimda va 35—70° C da reaksiyon massani aralashtirilgan holda olib boriladi. Reaksiyaga kirishmagan vinilxlorid puflab chiqarib olinadi va tozalashga yuboriladi, reaksiya mahsulotiga (95° C da) ishqor bilan ishlov beriladi (initsiator va emulgatorni parchalash va ajratib olish uchun), so'ngra siqiladi va quritiladi. Emulsion polivinilxlorid 140° C da yumshaydi, 170° da suyuqlanadi va parchalanadi, -10° C da mo'rt bo'lib qoladi, yonmaydi, amalda

erimaydi, kislota va ishqorlar ta'siriga chidamli.

Polivinilxloriddan ikki turdagi plastmassalar: qattiq — vinilplast (ko'p plastifikator saqlovchi) va yumshoq — plastik olinadi. Plastikdan turli rangdagi plyonkalar, fartuklar, plashlar, galanteriya mahsulotlari va simlar

izolatsiyasi, charam, grammafon plastinkalari, linoleumlar va boshqalar tayyorlanadi.

Sanoatda yana bir qancha muhim polimerlar va ular asosida ko'plab plastmassalar (polipropilen, polistirol, organik shisha va boshqalar) ishlab chiqarilmoqda.

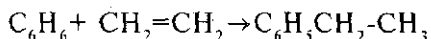
So'nggi yillarda polimerlarning nuqsonlarini birmuncha kamaytirishga erishildi. Polimerlarning termodestruksiya mexanizmini o'rganish shuni ko'rsatdiki, polimer tarkibidagi vodorod atomi bu jarayonning initsiatori ekan. Shuning uchun tarkibida vodorod atomi bo'lmagan polimer sintezlanadi va ular 600—1000° C ga ham chidaydi. Masalan, hozirgi kunda issiqlikka eng chidamli polimer («qora orlon») — karbonlangan poliakrilonitril olingan u 1000° C da ham parchalanmaydi. Bunday natijaga polimer tarkibidagi vodorodni «haydash» bilan erishiladi.

### 13.10. Polistirol ishlab chiqarish texnologiyasi

Stirol (vinilbenzol, feniletilen) to'yinmagan aromatik uglevodoroddir: uning formulasi  $C_6H_5CH=CH_2$ .

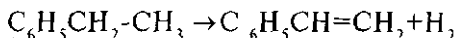
Stirol suyuq, rangsiz suyuqlik, zichligi 906 kg/m<sup>3</sup>, mol massasi 104. Havo bilan 1,1—6,1 % hajmiy aralashgan bo'lsa portlashi mumkin. Stirol organik erituvchilar (qutbsiz va kuchsiz qutbli): spirtlar, alifatik, aromatik, xlorli uglevodorodlar, nitropropan va boshqalar bilan cheksiz aralashadi — eriydi. Suvda juda kam — 0,03 % eriydi, stirolning o'zi organik peroksidlar, xinon, uchlamchi butilpirokateksinlarni yaxshi eritadi, narkotik ta'sirga ega, uzoq hidlansa nerv sistemasini buzadi, nafas yo'llarini yallig'laydi, qon tarkibini buzadi va o'zgartiradi, jigarni ishdan chaqaradi, terini ta'sirlanuvchanligini oshiradi, suyuq stirol terini yoradi.

Sanoatda stirol asosan etilbenzolni katalitik degidrogenlab olinadi, u esa benzolni etilen bilan alkilab olinadi. Bunda  $AlCl_3$  yoki  $H_3PO_4$  katalizatoridan foydalaniladi, reaksiya 90—95° C da boradi:



Yana neft pirolizi mahsuloti — ksilollar aralashmasidan (15—18,5 % etilbenzol saqlaydi) ajratib ham olinadi,

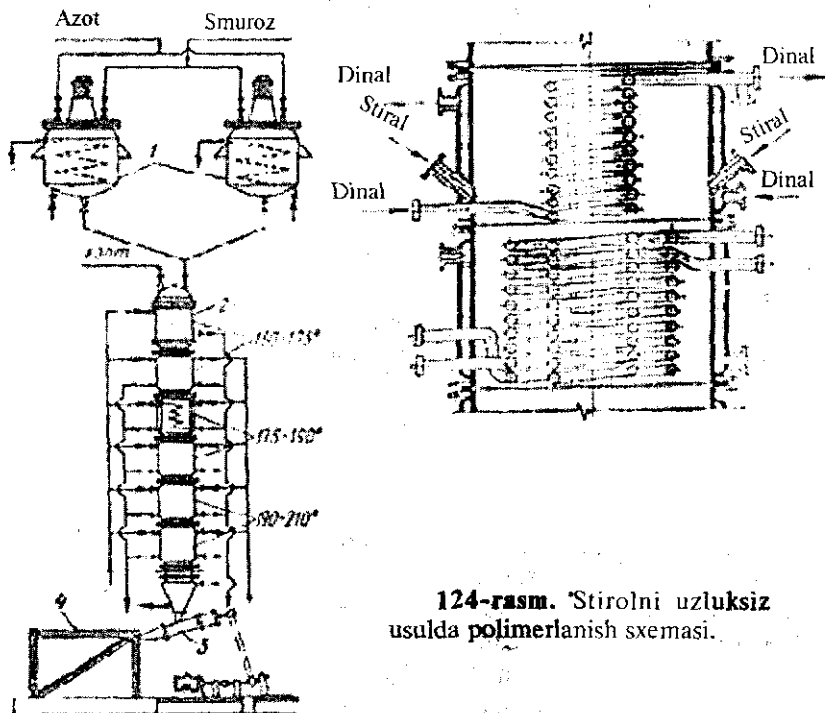
Etilbenzolni degidrogenlash metalli oksidli katalizator (temir, magniy, rux, mis va boshqalar) ishtirokida 560—630° C da olib boriladi:



Reaksiyada suv bug'i ham ishtirok etadi. Issiq bug' ham gazni reaktorga kirishdan oldin qizdiradi, ham reaktorda katalizator yuzasiga o'tirib qolgan

koks bilan birikib katalizator aktivligini doim ta'minlab turadi va katalizatorni regeneratsiyalashga hojat qolmaydi.

Polistirol sanoatda radikal mexanizmida asosan blok va emulsiyada polimerlash usullari bilan olinadi. Blok polimerlashda avval qiyomsimon polimerning stiroidagi eritmasi forpolimer olinadi, u 30–35 % polistirol ushlaydi, so'ngra tayyor polimer olinadi, u tarkibida 0,5–0,1 % gacha stirol saqlaydi.



124-rasm. Stirolni uzluksiz usulda polimerlanish sxemasi.

Polimerlash davriy va uzluksiz usullar bilan amalga oshiriladi. Davriy usulda  $2\text{m}^3$  hajmli reaktordan foydalaniladi (124-rasm).

Reaktor zanglamaydigan po'latdan yasalgan bo'lib, teskari sovitgichi hamda suv ko'ylagi bor. Avval reaktor ko'ylagiga bug' yuborilib qizdiriladi, so'ngra vakuum ( $26\text{ KPa}$  gacha) hosil qilinadi. Bunda stirol  $100\text{--}110^\circ\text{C}$ da qaynaydigan bo'lib qoladi. Reaksiya ekzotermik, issiqliklarning bir qismi monomerni bug'lanishi uchun sarflanadi, ikkinchi qismi ko'ylakka stirol qaynashi arafasida bug' o'rniga sovuq suv yuborilganligi uchun, sovuq

suv bilan chiqadi, polimerlanish taxminan 4 soat davom etadi, soʻngra hosil boʻlgan forpolimer 70°C gacha soviydi va 20 l hajmli idishga quyiladi, bu idish sof qalaydan yoki tunukaning yuzasi qalaylangandan yasaladi.

Keyingi polimerlanish oʻsha 20 l li idishda bosqichli: avval 100—115° Cda, keyin oxirida 125—140° C haroratda olib boriladi, soʻngra idish hajmini olgan blok polimer sovitiladi va gʻoʻlacha (brusok) shaklida olinadi, maydalanadi, spirt bilan yuviladi va quritiladi.

Bu usulning kamchiligi shundan iboratki, blok issiqliqni yomon oʻtkazadi va juda yopishqoq boʻladi, reaksiyaga kirmay qolgan monomerni chiqarib yuborish ancha qiyin kechadi. Ekzotermik reaksiya boʻlganligi sababli blok ichi qizib ketadi va polimer parchalanib kichik mol massali polimer hamda monomer koʻpayadi. Bu esa polimer sifatini buzadi, tez eskiradigan, yumshash harorati past boʻlib qoladi. Reaksiyaga kirishmagan monomerning koʻpligi polimerni xira qiladi va u yoriladi. Blok polimerlashning uzluksiz polimerlash usuli ham keng tarqalgan. Bu usulda molekular massasi katta boʻlgan va monomersiz polimer olish mumkin. Bunda polimerlash minorada olib boriladi. Dastlabki moddalar aralashmasi uzluksiz minoraga tushib turadi. Yuqoridan kirgan xomashyo hosil boʻlgan polimerni aralastirib siqadi va polimer minorani ostidan chiqib turadi. Xomashyoni minoradan oʻtish vaqti shunday hisoblanadiki, u toʻliq polimerga aylanmaguncha minoradan chiqmaydi. Qurilma ikkita aluminiydan yasalgan reaktor (1)dan va xromnikelli poʻlatdan yasalgan minora (2)dan iborat. Reaktorlarda stirol chala (35 %gacha) polimerlanadi. Reaktor 2m<sup>3</sup> hajmli, ichida varrakli aralastirgichi, ustida koʻylagi bor, unda issiq bugʻ-suv yoki sovuq suv aylanib turadi (sharoitga qarab). Natijada reaktorda 75—85° C li harorat saqlanadi.

Monomer va initsiator aralashmasi 60 soat mobaynida reaktorda boʻladi, unga polimer va monomer havo kislorodi bilan oksidlanmasligi uchun azot yuboriladi. Reaktordan forpolimer sekinlik bilan minoraga toʻliq polimerlanish uchun tushadi. Minora balandligi 7 m boʻlib, 6 boʻlimdan iborat, ularning diametri 0,65 m. Eng yuqoridagi boʻlim qizdrish koʻylagiga ega, qolganlari esa quvurli oʻralmalar bilan taʼminlangan boʻlimlar boʻlib, organik, yuqori haroratda qaynovchi issiqlik tashuvchilar bilan isitiladi (difinil C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-C<sub>6</sub>H<sub>5</sub> — 26,5% va difiniloksid C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-O-C<sub>6</sub>H<sub>5</sub> — 73,5%dan iborat evtetik aralashma). Kolonnada 25—30 soatda polimerlanish tugaydi. Suyuqlangan polimer 180—235° C da ostki boʻlimdan minoraning konussimon qismi (3)ga tushadi va undan havo sovitgichiga (4) oʻtadi, soʻngra esa maydalashga yuboriladi. Blok polistirol mayda yoki yirikroq donachalar shaklida 50 kg dan ortiq boʻlmagan holda qoplarga joylanadi.

## Stirolni emulsiya usulida polimerlash

Bunda emulsiya tarkibida stirol dan tashqari, emulgator, initsiator va regulator bo'radi. Sovun misellasida erigan stirol dastlab polimerlanadi. Hosil bo'lgan polimer stirol tomchisini eritadi (emulsiya holda tarqalgan tomchi), natijada juda kichik o'lchamli monomer polimer zarrachasi hosil bo'radi va u sovin misellasiga o'tadi va u yerda yana polimerlanish davom etadi. Emulgator sifatida turli karbon kislotalarning natriyli va ammoniyli tuzlari, sulfokislotalar tuzlari va boshqalar bo'radi. Emulgatorlar stirol massasining 1,5—3 %ini tashkil etadi.

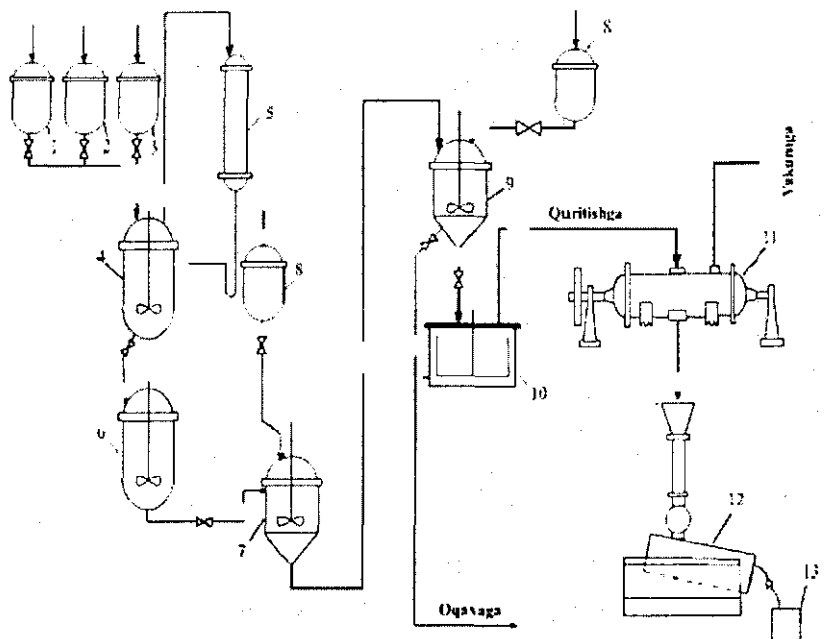
Initsiator sifatida (stirol massasining 0,1—1,0 %ini tashkil qiladi) kaliy va ammoniy persulfatlari, vodorod peroksidi, diazoaminobenzol va boshqalar, regulator sifatida esa spirtlar ishlatiladi.

Emulsion polimerlanish uzluqli va uzluksiz olib borilishi mumkin. Har ikkala holda ham navbat bilan quyidagi operatsiyalar bajariladi: Stirol dan ingibitorni yo'qotish (stirolni ingibitor-gidroxinondan tozalash uchun u 10%li ishqor eritmasi bilan yuviladi), stirolni polimerlash, lateksni kaogulyatsiyalash (ya'ni polimerni cho'ktirish), qoldiq eritmani ajratish, polistirolni yuvish, sentrifugalash, quritish, maydalash va elash.

### Emulsion polistirol olishning uzluksiz usuli

Polimerizator cho'yandan yasalgan 3—5 m<sup>3</sup> hajmli tubi sferik reaktor (4) bo'lib, bug' ko'ylagi, varrakli aralash tirgichi va teskari sovitgichi (5) bor (125-rasm). Polimerlashning borishi uchun 2-o'lchagichdan reaktorga tuzsizlantirilgan suv tushadi (distillangan suv) so'ngra 3 — o'lchagichdan reaktorga emulgator (kator sovinining 25%li suvdagi eritmasi bo'lib, u kator moyini 80—90°Cda 20 %li ishqor bilan ishlov berib olingan) tushadi. Reaktorda 20—30 minut mobaynida 50°Cda emulgator suv bilan aralash tiriladi. Keyin birinchi o'lchagichdan stirol quyiladi va 15 minut mobaynida lyuk orqali initsiator-persulfat kaliyning suvdagi eritmasi qo'shiladi. Reaksiya aralashma 70°Cgacha 1,5—2 soat mobaynida qizdirib turiladi, bunda bug' bilan reaktor ko'ylagi orqali teskari sovitgichni ishlatgan holda qizdiradilar. Keyin 90—95°C gacha qizdirish polimerlanish issiqligi hisobidan bo'radi. Reaksiya yana 2—3 soat davom etadi, keyin tugaydi. Reaksiyaga kirmay qolgan stirol 0,5%ni tashkil qiladi. So'ngra emulsiya oraliq bakka (6) o'tkaziladi, undan kaogulyatsiyalanish uchun cho'ktiruvchiga (7) o'tadi. Bu uskuna zanglamaydigan po'latdan yasaladi va unda aralash tirgich bug'li barbotyor va sovitish uchun ko'ylak bo'radi. Polistirolni cho'kishi reaksiya muhiti pH-ni 6—6,5 gacha pasaytirish orqali amalga oshadi (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> qo'shiladi). So'ngra



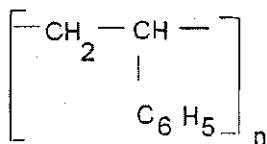


**125-rasm.** Stirolni emulsiyada uzluksiz usulda polimerlashning texnologik sxemasi: 1,2,3 — o'lichagich idishlar; 4 — reaktor; 5 — teskari sovitgich; 6 — oraliq baki; 7 — cho'ktirgich; 8 — o'lchov idishi; 9 — laver; 10 — sentrifuga; 11 — tokchali vakuum quritgich; 12 — elak; 13 — qog'oz qoplar.

aralashma  $85^{\circ}\text{C}$  gacha barbotyor orqali qizdiriladi. Cho'kish jarayoni 45–80 minutda tugayda cho'ktiruvchidan suv orqali polimer loverga (9) tushadi. Unga o'lichagichdan harorati (8)  $70\text{--}80^{\circ}\text{C}$  bo'lgan distillangan suv ham tushadi. Lover silindirsimon aluminiydan yasalgan yoki zanglamaydigan po'latdan yasalgan konussimon tubli uskuna bo'lib, ichida ramali aralastirgichi bo'lib, unda polimer yuviladi. Odatda polistirolni bir necha marta yuviladi. Oxirgi yuvilganda suv ajratilmay aralashma-suspenziya ingichka oqim bilan sentrifugaga (10) o'tadi. Polimer unda suvdan 20–30 minut mobaynida ajratiladi, so'ngra 60–70 % namlik saqlovchi polimer quritish uchun vakuum quritgichga (11) ( $70^{\circ}\text{C}$ da quritadi) o'tadi, unda 0,5 % namlik qolguncha quritiladi. So'ngra sharli maydalagichda maydalanadi, elak (12) bilan elanadi va qog'oz qoplarga (13) solinadi.

## Polistirolning xossalari va ishlatilishi

2000-yilda dunyoda 8 mln t polistirol ishlab chiqilgan. Polistirol formulaga ega, uning molekular massasi 50000 dan 200000 gacha bo'lib, polimerlanish darajasi 500 dan 2000 gacha bo'ladi, molekulasini to'g'ri zanjir tuzilishiga ega.



Texnikada qo'llaniladigan polistirol amorf tuzilishga ega. Fenil guruhlari asosiy zanjirga nisbatan tartibsiz joylashgan bo'lib, ular kristall tuzilish hosil bo'lishiga to'sqinlik qiladi (vodorod atomiga nisbatan fenil guruhi katta o'lchamga ega ekanligi uchun makromolekularlari bir-biriga tartibli joylasha olmaydi va kristall tuzilish hosil qila olmaydi). Stereoregular polistirolni, stirolni benzoldagi eritmasini  $\text{TiCl}_4$  va  $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$  katalizatori ishtirokida 60–75° C da anionli polimerlash mexanizmi asosida olish mumkin. Bunday yo'l bilan olingan polimer 50 %gacha kristall bo'ladi.

Polistirol qattiq tiniq material, shishaga o'xshaydi, rangsiz, hidsiz, ta'msiz, fiziologik zararsiz, yengil tutovchi alanga hosil qilib yonadi. Uning zichligi 1040–1060 kg/m<sup>3</sup>, shishalanish harorati 78–85° C, Martens bo'yicha o'tga chidamliligi 75–85° C, qattiqligi Birinell bo'yicha 140–160 MPa. Polistirol qutbsiz birikma bo'lib, murakkab efilarda aromatik va xlorlangan uglevodorodlar va boshqa qutbsiz organik erituvchilarda eriydi. Uni eng yaxshi erituvchilari tetraxloretan, izopropilbenzol, xloroform, ksilol, toluol, benzol, dioksan, piridinlardir. 250–300° C da depolimerlanish orqali parchalanadi. Atmosfera va ko'pchilik kimyoviy reaktivlarga chidamli, muz sirka va konsentrlangan nitrat hamda sulfat kislotalarga chidamsiz, ular uni yemiradi, boshqa kislotalarga nisbatan chidamli.

Polistirol qurilish texnikasida penopolistirol olish uchun ishlatiladi. U issiqlikni kam o'tkazadi, yengil, undan oshxona sanitariya qismlarini, vanna devorlarini qoplovchi plitka va plyonkalar tayyorlanadi ammo, ular mo'rt, issiqlikka chidamsiz, polietilen va polivinil xloridli plyonkalarga tenglasha olmaydi. Urilishga, haroratga, nurga, agressiv reaktivlarga, moylarga chidamliligini oshirish uchun sopolimerlari olinadi.

### 13.11. Tabiiy yuqori molekular birikmalar kimyoviy texnologiyasi. Selluloza ajratib olish texnologiyasi

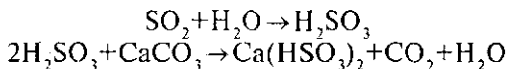
Selluloza tabiiy yuqori molekular birikma bo'lib, molekular massasi 50000 dan to 1 necha milliongacha bo'lgan erimaydigan polisaxarid. Uning formulasi  $[\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5]_n$  ko'rinishda deb hisoblanadi. Selluloza turli o'simlik materiallari paxta, yog'och, kanop kabilar tarkibiga kiradi. Selluloza paxta

tolasi tarkibida eng ko'pi bilan 98% gacha, quruq yog'och tarkibida 50% gacha bo'ladi. Yog'och tarkibida sellulozadan tashqari gemiselluloza (nisbatan kichik molekular massali polisaxaridlar, pentozan va geksozanlar), lignin, smolalar, efir moylari bo'ladi. Gemiselluloza va lignin sellulozadan o'zining kimyoviy chidamsizligi bilan farq qiladi. Shu farqdan yog'och selyulozasini olishda foydalaniladi. Selluloza olishning keng tarqalgan sanoat usuli sulfitli usul bo'lib, unda yog'och kalsiy gidrosulfid eritmasida qizdiriladi. Ikkinchisi sulfatli usul deyilib, bunda yog'och natriy gidrooksidining suyuq eritmasi bilan qizdiriladi.

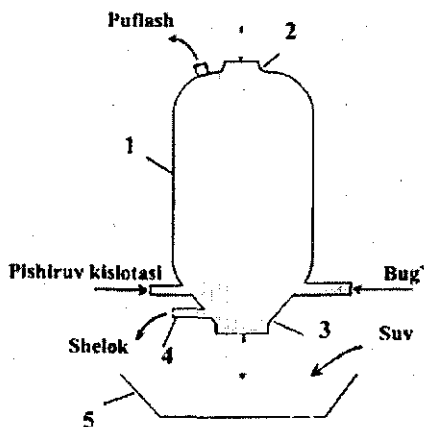
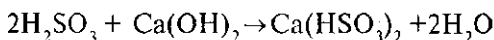
Selluloza ishlab chiqarish quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi: yog'ochni pishirish (yog'ochni reagent bilan ishlov berish), sellulozani eritmadan ajratib olish va uni qayta ishlash.

### Yog'och sellulozasi ishlab chiqarishning sulfitli usuli

Pishiruvchi kislota ohaktosh bilan to'lg'azilgan minora orqali toza  $\text{SO}_2$  gazi yuborish bilan olinadi. Minora suv bilan sug'orilib turiladi. Bunda  $\text{SO}_2$  suv bilan birikib  $\text{H}_2\text{SO}_3$  hosil qiladi. So'ngra bu kislota ohaktosh bilan birikib kalsiy gidrosulfid hosil qiladi.



Boshqa turdagi mineralarni suv o'rniga  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  eritmasi bilan sug'oriladi:



126-rasm. Sellulozani pishirish qozoni.

1 — qozonning korpusi; 2 — yog'och bo'lakchalarini solish joyi; 3 — tushirish quvuri; 4 — shtutser; 5 — vannasimon qabul qiluvchi idish.

Yog'ochni pishirish po'lat qozonlarda olib boriladi. Qozonning ichi kislotaga chidamli materiallar bilan qoplangan bo'ladi (126-rasm), qozonga yog'och maydalari, pishiruvchi kislota solinadi va ularni qizdirish uchun bug' beriladi.

Kislota qozonning yuqorisiga ko'tarilib, yog'och bo'laklariga shimiladi va qozondan havoni siqib chiqaradi, qozon germetik bekilib, bug' 105—110° C gacha qizdiriladi. Oltinugurt IV oksidi va gidrosulfit kalsiy 70° C dayoq lignin bilan birikib lignosulfon kislota va tuzini hosil qiladi. Keyin 0,5—0,7 MPa bosimda harorat 135—147° C gacha ko'tariladi va lignosulfon kislotasining kalsiyli tuzi eritmaga o'tadi. Bir vaqtning o'zida gemiselluloza ham ko'p qismi gidrolizlanib eritmaga o'tadi. Pishirish odatda 8—10 soat davom etadi. Pishirish tugagach, qozondagi barcha massa rezervuarga ag'darib olinadi va unda selluloza pishirish eritmasidan ajratib olinadi va suv bilan yuviladi. Selluloza mexanik aralashmalardan tozalangach sulfitli selluloza deb ataladi. Olingan sellulozaning sifati uning tarkibida qolgan lignin miqdoriga bog'liq bo'ladi. Agar selluloza 3 foizdan ortiq lignin saqlasa, qattiq, 2 %dan kam lignin saqlasa, yumshoq selluloza deyiladi.

Kimyoviy qayta ishlanadigan va sifatli qog'oz olish uchun foydalaniladigan selluloza qo'shimcha oqartiriladi. Oqartirish natriy yoki kalsiy gipoxlorit, xlor, xlor (II) oksid, vodorod peroksidi bilan amalga oshiriladi. Sellulozaning sifati oshirish uchun u 12 % NaOH, 20° C haroratda yoki 1 %li NaOH bilan qaynatiladi. Natijada selluloza olingan mahsulotning 92—97 %ini tashkil qiladi.

Selluloza pishirish jarayonini tezlashtirish uchun pishiruvchi kislota tarkibida oltinugurt IV oksidi va gidrosulfitning konsentratsiyasi oshiriladi, yoki Mg, Na, ammoniy gidrosulfitlaridan foydalaniladi, bunda reaktor mahsuldorligi 10—15 foizga oshadi.

### **Selluloza ishlab chiqarishning sulfatli usuli**

Bu usulda yog'och qipiqlarini pishirish shelok deb ataluvchi ishqor eritmasi bilan pishiriladi, pishiruvchi reagent bunda natriy gidroksidi va natriy sulfidi hisoblanadi. Pishirish jarayonida lignin gemiselluloza va boshqa qo'shimchalar eritmaga o'tadi. Hosil bo'lgan eritma qora ishqoriy suv deb ataladi. U reaktordan quyib olinganda sellulozadan oson ajraladi, bu eritma 35% namlikka ega bo'lguncha bug'lantiriladi va yo'qotilgan ishqor o'rnini to'ldirish uchun unga natriy sulfat qo'shiladi, so'ngra pechlarda kuydiriladi, natijada kuygan organik modallarning ta'sirida sulfat sulfidgacha qaytariladi. Hosil bo'lgan suyuqlanma tarkibi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , lardan iborat bo'ladi. Suyuqlanma suvda eritilib, yashil rangli ishqor suyuqligi olinadi. Uni so'ndirilgan ohak bilan qaynatiladi va filtrlanadi. Oq ishqorli suv

olinadi u yana sellulozani pishirish uchun ishlatiladi. Olingan sellulozaga bundan keyingi ishlov berish sulfit usulidagidek bo'ladi. Sulfat usulining ustunligi shundaki, bu usulda asosiy reagentni regeneratsiyalash mumkin bo'ladi. Sulfitli suvda esa bir tonna selluloza olganda 10—12 tonna foydalanish qiyin bo'lgan sulfidli shelok hosil bo'ladi. Selluloza ishlab chiqarishda chiqadigan gaz va shelokdan bir qancha qimmatbaho mahsulotlar ajratib olinadi. Gazidan sulfit moyi, sulfat sovuni va skipidar, terpenli uglevodorodlar olish mumkin. Sulfitli shelokdan gemisellulozaning gidrolizidan hosil bo'lgan qand moddalarini bijg'itib etil spirti, mol ozuqasi sifatida ishlatiladigan turush olinadi. Shelokning lignosulfonli qismidan oshlovchi ekstraktlar va vanilin olinadi. Sellyulozning asosiy iste'molchilari qog'oz va karton, sun'iy tola, plastmassa, kinofotoplenkalar, tutunsiz porox va boshqa ishlab chiqarish korxonalari hisoblanadi.

### **13.12. Kauchuk ishlab chiqarish texnologiyasi**

Tashqi kuch ta'sirida o'z shaklini o'zgartirib-deformatsiyalanib, ta'sir kuchi to'xtatilganda dastlabki holatiga qaytadigan elastikligi yuqori molekular birikmalar kauchuk deb ataladi.

U ikkiga: tabiiy va sintetik kauchuklarga bo'linadi. Uzoq yillar mobaynida faqat tabiiy kauchuk olingan. Tabiiy kauchuk geveya, gwayula, kuk-sagiz, tov-sagiz va boshqa kauchukli o'simliklarning sutsimon shirasidan ajratib olingan, Janubiy Amerikadagi hindular bu sutsimon shirani kaochou ("kao — daraxt", "chou" — yig'lash), ya'ni daraxtning ko'z yoshi deb ataganlar. Keyinchalik fransuz olimlari unga kauchuk deb nom berganlar.

Kauchukli o'simliklar, asosan, ekvator atrofidagi tropik zonalarda, ya'ni Janubiy Amerika, Afrika, Malayziya arxipelagi, Braziliya, Shrilanka, Indoneziya, Hindiston va boshqa joylarda o'sadi. Ko'pgina mamlakatlarda kauchuk hozirgi paytlarda ham katta miqdorda, asosan, geveya daraxtidan olinmoqda.

Sobiq SSSR da tabiiy kauchuk ko'k-sagiz va tov-sagiz o'simliklaridan olingan. Ammo bu o'simliklardan olinadigan kauchuk unga bo'lgan talabni qondira olmas va tannarxi ham juda qimmatga tushar edi. Shuning uchun sovet olimlari dunyoda birinchi bo'lib sintetik kauchuk olishning sanoat usulini topdilar va sobiq SSSR sintetik kauchukning vatani bo'lib qoldi.

Sintetik kauchukni birinchi bo'lib 1902-yilda rus olimi I.L.Kondakov sintez qilgan. U avvalo 2,3-dimetil -1,3-butadienni sintez qildi va uni polimerlab, metil kauchuk oldi. 1906-yilda rus olimlari S.V.Lebedev va I.I.Ostromislenskiylar izoprendan kauchuksimon polimer oldilar.

S.V. Lebedev dien uglevodorodlarning polimerlanishini o'rganish sohasidagi ishlarni davom ettirib, 1931-yilda natriybutadienli kauchukni sintez qildi. 1931-yilning fevralida Sank-Peterburgda qurilgan birinchi tajriba zavodida sintetik kauchukning birinchi namunasi (260 kg) ishlab chiqarildi. 1932-yilda dunyoda birinchi bo'lib Lebedev usuli bilan sanoat miqyosida sintetik kauchuk ishlab chiqaruvchi Yaroslav va Voronejda ikkita zavod ishga tushirildi. Amerikada sintetik kauchuk ishlab chiqarish 10 yildan keyin 1942-yilda yo'lga qo'yildi.

Hozirgi kunda sanoatda ko'p xildagi sintetik kauchuklar ishlab chiqarilmoqda. Ular uchun xomashyo: dienli uglevodorodlar, asosan, butadien -1,3, izopren, xloropren va boshqalardir.

Kauchuklar xomashyoga qarab 2 sinfga bo'linadi:

1. Bir monomer asosida tayyorlangan kauchuklar.

2. Ikki yoki uch monomer asosida tayyorlangan kauchuklar.

Sintetik kauchuk va rezinalar qo'llanilish sohasiga qarab shartli ravishda ikki guruhga bo'linadi:

1. Barcha sohalarda ishlatiladigan.

2. Maxsus sohalarda ishlatiladigan.

Birinchi guruhga kiradiganlari asosan shinalar va boshqa ko'pgina rezina buyumlar tayyorlash uchun ishlatiladi, ikkinchi guruhga kiradiganlari alohida xossalari ega bo'lib, noqulay sharoitlarda qo'llaniladi. Masalan, ular issiqlikka (+250° C va undan ham yuqori), sovuqlikka (-60° C va undan ham past) chidamli, kislota, asos, oksidlovchilar, organik erituvchilar, suyuq yoqilg'ilar, moylar, gazlar va shu kabi boshqa moddalarga chidamli kauchuklarga kiradi (10-jadvalga qarang).

Keyingi yillarda ba'zi xossalari bo'yicha tabiiy kauchukdan ham ustun bo'lgan stereoregulyar-fazoviy tartibli kauchuklar (polibutadienli va poliizoprenli) ishlab chiqarish sur'atlari ortib bormoqda.

Kauchuk va uni vulqonlash natijasida olinadigan rezinadan tayyorlangan buyumlar xalq xo'jaligining barcha tarmoqlari va turmushimizning ajralmas qismi bo'lib qoldi. Bunga sabab rezinaning ajoyib o'ziga xos xususiyatlaridir. U xossalari qarab har xil sohalarda ishlatiladi. Rezinaning mustahkamligi va uning elastikligi, mexanik ta'sirni, urilishni pasaytirish, mexanik tebranishlarni so'ndirishi, uning yemirilishga mustahkamligi undan turli xildagi shinalar va rezina oyoq kiyimlari tayyorlash imkonini beradi. Rezina ko'pgina moddalarga chidamli va elastik bo'lganligidan turli xildagi zichlovchi qismlar sifatida ishlatiladi. Rezinaning yumshoqligi, uni ko'p martalab egilganda ham qattiqligini saqlab qolish xossasi undan transportyorlar uchun uzatish tasmalari tayyorlash imkoniyatini beradi. Buning ustiga rezinaning gaz va suv o'tkazmaslik, dielektriklik xossalari

## Sintetik kauchukning muhim turlari

Kauchuklar	Reaksiya uchun olingan Monomerlar	Maxsus xossalari
Barcha sohalarda ishlatiladigan		
Natriybutadienli (BSK)	Butadien $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$	
Divinilstirolli (SSK)	Butadien va stirol $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$	
Divinilmetilstirolli (MSSK)	Butadien va metilstirol $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{C}_6\text{H}_5$	
Izoprenli	Izopren $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{CH}_2$	
Maxsus sohalarda ishlatiladigan		
Tiokollli	Dixloretran $\text{ClCH}_2-\text{CH}_2\text{Cl}$ yoki dixlordietilefir $\text{ClCH}_2-\text{CH}_2\text{OCH}_2-\text{CH}_2\text{Cl}$ va natriy tetrasul' fidi $\text{Na}_2\text{S}_4$	Moy va benzina chidamli
Butadien nitrilli (NSK)	Butadien va akrilonitril $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN}$	Issiqlik, benzin va moylarga chidamli
Xloroprenli	Xloropren $\text{CH}_2=\text{C}(\text{Cl})-\text{CH}=\text{CH}_2$	Issiqlik, benzin va moylarga ozonga chidamli
Poliizobutilenli	Izobutelen $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)_2$	Kimyoviy chidamlilikka ega
Butilkauchuk	Izopren va izobutilen	Yuqori gaz o'tkazmaslik va kimyoviy chidamlilikka ega
Polieffiretanli	Diizosianat $\text{O}=\text{C}-\text{N}-(\text{CH}_2)_n-\text{N}=\text{C}=\text{O}$ va ikki atomli spirt $\text{OH}-(\text{CH}_2)_n-\text{OH}$	Yuqori mustahkamlik va yemirilishga chidamli
Siloksanli	Kremniyorganik birikmalar $\text{OH}-\text{Si}(\text{R})_2-\text{OH}$	Yuqori va past haroratlarga ( $-60^\circ\text{C}$ dan $+300^\circ\text{C}$ gacha) chidamli

ham hisobga oladigan bo'lsak, undan elektrotexnika sanoatida, aerostatlar va dirjabllar yasashda, dam solinuvchi qayiqalar va shu kabi minglab mahsulotlar tayyorlashda foydalanish mumkin.

Kauchuklar monomerlarni polimerlash yoki sopolimerlash orqali olinadi. Polimerlash jarayoni bloklarda, emulsiyalarda va eritmalarda olib boriladi.

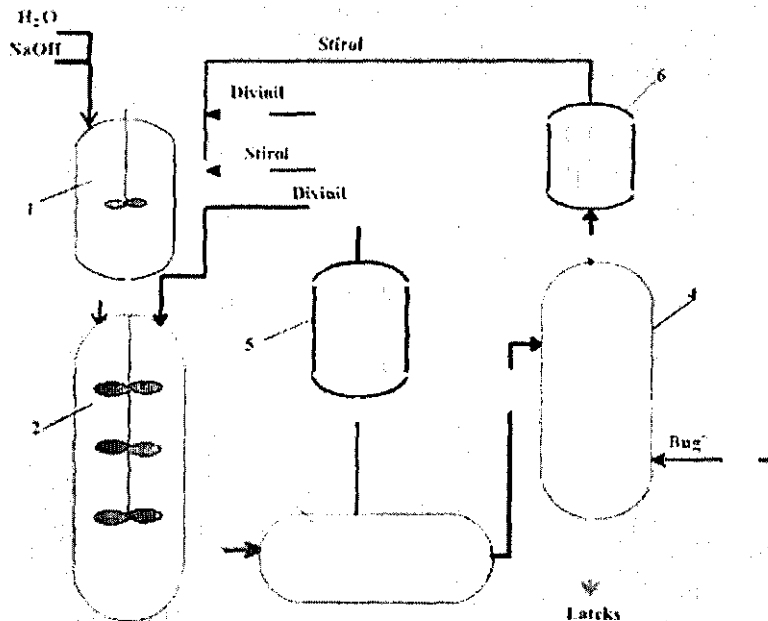
Barcha sohalarda qo'llashga mo'ljallangan kauchuklardan ko'p ishlab chiqariladigani divinilstirolli (butadienstirolli) va polinizoprenli kauchuklardir.

Divinilstirolli kauchuk (SSK) emulsion sopolimerlash orqali ishlab

chiqariladi. Divinilstirolli kauchuklardan bizda 70% butadien va 30% stiroidan iborat aralashmani sopolimerlash yo'li bilan (SSK-30) kauchuk olinadi (oxirgi 30-raqami stirolning % miqdorini ko'rsatadi).

SSK-30 kauchugini olishda initsiator sifatida kuchli oksidlovchi diizopropilperoksid qo'llaniladi. Zanjirli reaksiyalarda zanjirni o'z vaqtida uzish uchun regulatorlar: alifatik disulfidlar sinfiga oid birikmalar diksantogen RO—C—S—S—C—OR (R—etil yoki izopropil) yoki osonlikcha disulfidlarga (—R—S—S—R larga) aylanuvchi merkaptanlar R—SH (R= C<sub>12</sub>H<sub>25</sub>) ishlatiladi.

Butadien va stirolning sopolimerlanishi suvli muhitda, 5°C dan 50°C



127-rasm. Divinil va stirolni emulsiyada polimerlash sxemasi:

1 — emulgator critmasini tayyorlash uchun apparat; 2 — polimerizatorlar batareyasi; 3 — lateks yig'gichi; 4 — bug'lantirish minorasi; 5,6 — kondensatorlar.

gacha haroratda bir-biriga ketma-ket tutashtirilgan polimerizatorlarda olib boriladi (127-rasm).

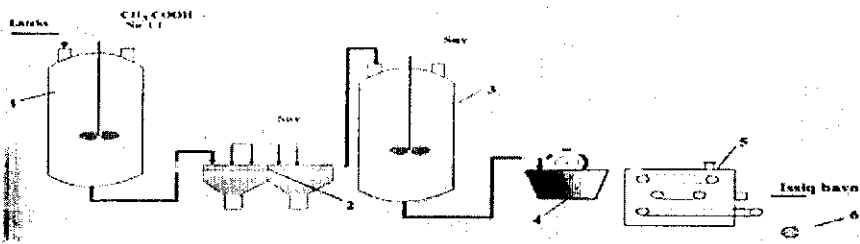
Ilgaridan tayyorlab qo'yilgan divinil va stirol aralashmasi emulgator (masalan, kanifol moyi yoki kanifolli sovun) va suv bilan taxminiy emulsiyalash uskunasi (I) solinib aralashtiriladi. Tayyor bo'lgan emulsiya



initsiator va regulator eritmalari bilan birgalikda, batareya qilib ulangan polimerizator (2)ga (12 ta apparatni bir-biriga ulab, bitta batareya qilinadi, ularning 11 tasi ishlaydi) nasos yordamida to'xtovsiz haydalib turiladi. Har bir polimerizator bimetaldan (ikki xil metallardan) yasalgan yoki kislotaga chidamli emal qobiq bilan qoplangan bo'lib, sig'imi 12—20 m<sup>3</sup> va ichida 3 karrali aralastirgichi bo'ladi. Aralastirgich minutiga 50—1450 martagacha aylanadi. Polimerizator da "suv ko'ylagi" g'ilofi bo'lib, uskuna ishga tushirilganda unga issiq suv yuboriladi. Jarayon to'liq aralastirish sharoitida boradi va ketma-ket hamma aralashma, barcha polimerizatorlar orqali oqib o'tadi. Natijada uglevodorodlar aralashmasining 58—60 %i polimerlanadi. Hosil bo'lgan lateks yig'gich (3)ga yuboriladi, u yerda lateks reaksiyaga kirishmay qolgan butadiendan vakuum yordamida bug'lantirish bilan ajratib olinadi va bug'lantiruvchi minora (4)ga borib monomerlar bug' bilan to'liq ajratiladi. Haydalgan butadien va stirol kondensator (5,6) da kondensatlanib, yana polimerlash uchun polimerizatorga yuboriladi. Monomerlardan tozalangan lateks esa koagulyatsiyalashga yuboriladi. Lateksda 20 %ga yaqin kauchuk bo'ladi, u sutsimon shiraga o'xshaydi. Lateks to'g'ridan to'g'ri shina kordlariga shimdirish, rezina buyumlari tayyorlash, lateksga turli narsalar qo'shib uylarni bo'yashda ishlatiladigan suvga chidamli bo'yoqlar olish uchun va boshqa maqsadlarda ishlatiladi.

Ammo lateksning asosiy qismi qayta ishlanadi va undan kauchuk ajratib olinadi. Buning uchun bir-biriga ketma-ket ulangan 3 ta koagulyator uskunasiga (128-rasmda bittasi ko'rsatilgan) lateks va koagulyator-elektrolitlar (NaCl yoki CaCl<sub>2</sub> va H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) solinadi.

Birinchi koagulyatorga (1) 40°C haroratda NaCl, ikkinchisi va uchinchilariga CH<sub>3</sub>COOH quyiladi. Lateks elektrolit ta'sirida zarrachalar shaklida cho'kadi — koagulyatsiyalanadi. Mayda zarrachalar bir-biriga yopishib yiriklashadi — aglomeratsiyalanadi. Hosil bo'lgan aglomerat pulpa



**128-rasm.** Lateksdan kauchuk olish sxemasi: 1 — koagulyator; 2 — tebranuvchi elak; 3 — yuvuvchi apparat; 4 — vakuumli baraban filtri; 5 — quritgich.

shaklida bo'lib, vibroelakka (2) (tebranib turuvchi to'r filtr) yuboriladi.

Vibroelakda kauchuk (cho'kkan lateks zarrachalari kauchuk deb ataladi) suv bilan yuvilib elektrolitdan tozalanadi va ajraladi. Kauchukni suvda eruvchi aralashmalardan batamom tozalash uchun yuvish apparatiga (3) o'tkaziladi. Yuvilgan pulpa tarkibida 8—10 % kauchuk ushlaydi va u barabanli vakuum — filtrga (4) o'tib, suvdan ajraladi, siqiladi va quritgichga (5) yuboriladi. U yerda kauchuk issiq havo oqimida quritiladi, shakl beriladi, talk sepiladi (yopishib qolishining oldini olish uchun) va rulonga o'raladi.

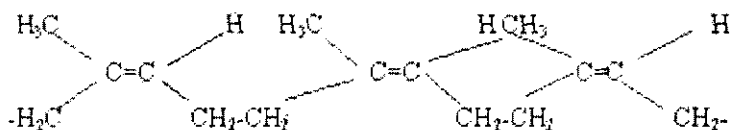
Shu yo'l bilan birdaniga to'ldiruvchilar (qurum va moy) qo'shilgan qurum — moyli kauchuk olinadi. Bunda hosil bo'lgan lateksga to'g'ridan to'g'ri to'ldiruvchilar qo'shildi. An'anaviy usulda olingan toza kauchukka to'ldiruvchilar qo'shish alohida-alohida maxsus qurilmalarda olib boriladi. Shuning uchun ham bu usulda bitta oraliq jarayon kamayganligi uchun bir vaqtning o'zida ham energiya sarfi kamayadi, ham mehnat unumdorligi ortadi.

Butadien — stiroli kauchuklar polimerizatsiyalash sharoiti hamda monomerlarning nisbati bilan farq qiladi. Masalan, past haroratda polimerizatsiyalash usuli ( $5^{\circ}\text{C}$  yoki  $0^{\circ}\text{C}$  dan ham past). Bu usulda "sovuq" yoki "past" haroratli kauchuk olinadi. Bu kauchuk yuqori molekular massaga ega bo'lib, yemirilishga chidamli rezina olish imkonini beradi. Yuqorida aytilganidek, ko'pincha 70:30 nisbatda (butadien — 70, stiro — 30) xomashyo olinadi, chunki stiro miqdori bundan oshirilsa, rezinaning elastikligi kamayadi. Bu nisbatni oshirib 80—90 % yetkazib borilsa, elastiklik xossasi butunlay yo'qolib, qattiq plastmassaga — ebonitga aylanib qoladi. Ebonit — elastikligini yo'qotgan plastmassaga o'xshash qattiq materialdir. Ayniqsa, keyingi paytlarda stereoregulyar kauchuklar ishlab chiqarish tez rivojlanmoqda. Stereoregulyar kauchukni birinchi marta 1956-yilda italyan olimi D.Natta va nemis olimi K.Sigler kashf etganlar va uni stereospesifik katalizatoridan foydalanib olganlar.

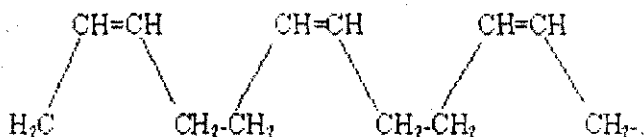
**Izoprenli kauchuk.** Tabiiy kauchuk izopren monomerlardan tuzilgan izoprenli kauchukning makromolekulasida izopren molekulari 1,4-holatda va ularning 98% dan ko'prog'i sis holatda birikkan bo'ladi. Tabiiy kauchuklarning yuqori mexanik mustahkamligi aynan uning o'ta tartibli fazoviy tuzilishga ega bo'lishidandir. Hozirgi paytda ko'p ming tonnalab izoprenli kauchuklar sanoat miqyosida ishlab chiqarilmoqda va ular xossalari jihatdan tabiiy kauchukdan qolishmaydi.

O'zining texnologik va ekspluatatsion xossalari birga olib qaralsa, ISK — 3 kauchugi tabiiy kauchuk bilan amaliy jihatdan qaralganda bir xildir. ISK ning  $1\text{sm}^2$  300 kg kuch bilan tortilganda ham uzilmaydi (8- jadvalga qarang).

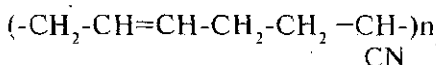
Stereoregulyar kauchuk (ISK-3)-sis-1,4-poliizoprenli kauchuk olish uchun, monomer eritmada polimerizatsiyalanadi, bunda stereospisifik katalizatorlar (litiy, tetraxlor titan, alkinlitiy yoki kompleks metalloorganik katalizatorlar, masalan,  $Al(izo-C_4H_{10})_3$ ) qo'llaniladi. Olinish usuli yuqori usullarga o'xshaydi. Uning tuzilishi quyidagicha:



Yana muhim stereoregulyar kauchuklardan DSK (divinilli sintetik kauchuk) bo'lib, uning tuzilishi sis-1,4-polibutadien shaklidir (DSKni 1956-yilda akademik B.A. Dolgopolskiy sintezlagan).



Bu kauchuklar yuqorida ko'rsatilganidek umumiy sohalar uchun bo'lib, barcha xildagi rezina buyumlar tayyorlash uchun ishlatiladi. Maxsus maqsadlar yoki sohalarda ishlatiladigan kauchuklardan: divinilnitril kauchuk (NSK-18, NSK-26, NSK-40) muhim kauchuk bo'lib, divinilni akrilonitril bilan sopolimerlab (emulsion sopolimerlash usulida) olinadi. Uning tuzilishini quyidagicha yozish mumkin:



Bu kauchuk jadvalda ko'rsatilganidek benzin va surkov moylariga juda chidamli bo'lganidan rezina qo'lqoplar, prokladkalar (benzin yoki moy o'tkazmasligi uchun ikki narsa orasiga qo'yiladigan qistirma) benzin va moylarni saqlash uchun idishlar va boshqalar tayyorlashda ishlatiladi. Yana bir kauchuk bu xloroprenli kauchukdir. Bu kauchuk Rossiyada nairit deb, AQSHda esa neopren deb ataladi. U suvli emulsiyada polimerlab olinadi. Bunda emulsiyaga ozroq miqdor stiroil qo'shib sopolimerlab olinadi. Uning eng muhim xossasi  $100 - 150^\circ C$  gacha issiqlikka uzoq muddatgacha chiday olishdir. Yuqorida ko'rsatib o'tilgan kauchuklar asosan rezina ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

**Sintetik kauchukning har xil turlaridan olingan  
rezinaning muhim xossalari**

<b>Sintetik kauchuklar</b>	<b>Rezinaning muhim xossalari (o'rtacha)</b>			
	20 <sup>0</sup> C da uzilishiga chidamlilik chegarasi, kg/sm <sup>2</sup> da	Uzilguncha nisbiy cho'zilish foizi	20 <sup>0</sup> C da elastikligi %	IKVt/s energiya sarflanganda yemirilishi, sm <sup>3</sup> da
<b>Umumiy yoki barcha sohalarda ishlatishga mo'ljallangan kauchuklar:</b>				
Stereoregulyar izoprenli ISK	300	770	48	280
Stereoregulyar divinilli	200	470	52	100
Stereoregulyar bo'lmagan SSK	280	600	34	250
BSK	160	500	25	450
Etilenpropilenli (EPSK)	250	600	53	220
<b>Maxsus sohalarda ishlatiladigan kauchuklar:</b>				
Xloroprenli (Nairit)	170	450	40	290
ISK	280	600	31	220
Butil kauchuk	170	700	9	250
Tabiiy kauchuk	300	800	50	300

**Rezina ishlab chiqarish.** Rezina ishlab chiqarish 3 asosiy bosqichdan iboratdir:

- 1) xom rezina aralashmasini tayyorlash;
- 2) unga biror buyum shaklini berish;
- 3) vulqonlash.

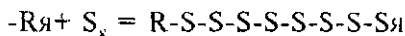
Toza kauchuk bevosita buyum tayyorlash uchun yaroqsiz. Chunki u oson uziluvchan, elastikligi ham kam, yuqori haroratda yopishib qoluvchi, past haroratda esa sinuvchan bo'ladi. Shuning uchun ham kauchuk turli organik va anorganik mahsulotlar bilan qo'shilib, so'ngra aralashmaga biror buyum shakli beriladi. Shundan keyingina u vulqonlanadi (vulqonlanishni 1839-yilda Gud'ir kashf qilgan).

Olinadigan rezinaning barcha xossalari belgilovchi asosiy tarkibiy qismlar quyidagilardir:

- 1) kauchuk; 2) uni vulqonlash uchun qo'shiladigan moddalar (oltingugurt,

metall oksidlari va peroksidlari, benzoil peroksidi va boshqalar). Vulqonlash jarayonida, yuqori haroratda (130—160° C) va yuqori bosimda (0,3—0,6 MPa) kauchukning to'g'ri zanjirli uzun molekulariga oltingugurt birikib, go'yo molekularni "tikadi" va 3 o'lehamli tizim hosil qilib, rezinaga aylantiradi; 3) tezlatichlar (difenilguanidin, merkaptabenzotiazol va boshqalar), yumshatgichlar (dibutilftalat, moy kislotalari, vazelin, parafin, sintetik polimerlar: polipropilen, polivinilxlorid, fenolformaldegid smolalari), eskirishni oldini oluvchilar (fenollar, aromatik aminlar, koks va boshqalar), to'ldiruvchilar (to'ldiruvchilar faol va faolmaslarga bo'linadi. Faol to'ldiruvchilarga: qurum, kremniy (IV)- oksidi, oq qurum, titan (IV)-oksid, rux oksidi va boshqalar kiradi. Ular 10% dan 50 % gacha rezinaning mustahkamligini oshirish uchun qo'shiladi. Faolmas to'ldiruvchilarga: bo'r, talk, kaolin, bariy sulfat va boshqalar kiradi). Bular kauchuk sarfini kamaytirish va buyumning tannarxini arzonlashtirish imkonini beradi.

Kauchuk vulqonlanganda 5—10 % qo'shbog'lari uziladi, xolos. Vulqonlanish jarayoni 5 minutdan 90 minutgacha davom etadi. Vulqonlanish turli xil uskunalarda olib boriladi. Vulqonlanganda kauchukning to'g'ri zanjirli tizimli makromolekulalari to'rsimon tizimliga aylanadi. Vulqonlashni tezlatich molekulari, qizdirilganda radikalga — R<sub>γ</sub> parchalanadi va hosil bo'lgan radikal 8 atomdan iborat oltingugurt halqasiga birikib, uni beqaror radikalga aylantiradi:

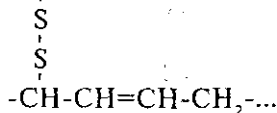
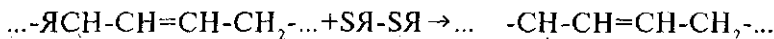


Bu radikallar kauchukning makromolekulasi bilan birikuvchi bir yoki bir necha ikki valentli polisulfidli radikallarga parchalanadi. Masalan, DSK bilan boradigan vuqonlash reaksiyasi quyidagicha bo'ladi:



Makroradikal

Hosil bo'lgan makroradikal (MR) ikki valentli oltingugurt radikallarini biriktirib oladi, so'ngra polisulfidli "ko'prik"lar hosil bo'lishi evaziga zanjirli molekularining o'zaro bog'lanishi — "tiqilishi" ro'y beradi:



(ko'prikchalar 1,3 va boshqa holatlarda ham bo'lishi mumkin)

Rezinaga talab kundan kunga ortib bormoqda, hozirgi paytda rezinadan 40000 dan ortiq turli xildagi buyumlar ishlab chiqarilmoqda. Uning turi, miqdori ham ko'payib ketdi. 1945-yilda dunyoda jami 6 xil kauchuk ishlab chiqarilgan bo'lsa, hozirgi kunda 50 xili ishlab chiqarilmoqda. Dunyoda har yili 7—8 mln t kauchuk, shu jumladan 4—5 mln t sintetik kauchuk ishlab chiqarilmoqda.

Respublikamizda bunday zavodlar yo'q, ammo kauchuk ishlab chiqarish va uning asosida rezina ishlab chiqarish zavodlari qurish davr talabiga aylanib qoldi.

## **XIV bob. KIMYOVIY TOLALAR ISHLAB CHIQUARISH TEXNOLOGIYALARI**

### **14.1. Sun'iy va sintetik tolalar, tola ishlab chiqarish bosqichlari**

Uzunligi ko'ndalang kesimidan juda katta farq qilgan moddalar tola deyiladi. Tolaning ko'ndalang kesimi juda kichik bo'lib, u mikronlarda o'lchanadi. Kelib chiqishiga qarab, tolalar tabiiy va kimyoviy tolalarga bo'linadi. Tabiiy tolalarga paxta, jun, kanop, zig'ir tolası, ipak va boshqalar kiradi. Kimyoviy tolalar sun'iy va sintetik bo'ladi. Sun'iy tolalar tabiiysini kimyoviy qayta ishlov berish bilan olinadi (asosan sellulozadan olinadi). Masalan: viskoza, mis-ammiakli, atsetatli, oqsilli, algenatli (dengiz suv o'tlaridan ajratib olinadigan algin kislotasi asosidagi tola) va boshqalar. Sintetik tolalar tabiiy bo'lmagan monomerlardan sintez qilib olinadi. Masalan: kapron, neylon, anid, nitron, lavsan va hokazolar.

Kimyoviy tolalarni kiyim-kechaklar tayyorlashda va texnik maqsadlarda keng ishlatilishi, ularga bo'lgan talabning kun sayin oshib borayotganligining sababi ularning xomashyosi amalda bitmas-tuganmasligidir. Ularni ishlab chiqarish iqtisodiy jihatdan arzonligi, tabiiy tolalar kabi tuproq unumdorligi, iqlim sharoitlarga bog'liq bo'lmaganligi, ularda tabiiy tolalarda bo'lmagan ayrim muhim xossalari mavjudligi, ishlatish sohasiga va xohishiga qarab tolag kerakli xossani berish imkoniyatining mavjudligi kabilardir. Masalan, 1 t jun ishlab chiqarish uchun 400, paxta uchun 280, viskoza uchun 50 mehnat kuchi sarflanadi. Ko'pgina kimyoviy tolalar agressiv kimyoviy reaktivlarga, nur va suv ta'siriga chidamli, chirimaydi, ularga mikroorganizmlar ta'sir yetmaydi, shuning uchun ulardan keng iste'mol tovarlari tayyorlanadi. Kimyoviy tola ishlab chiqarish texnologiyasi qanday xomashyodan olinishidan qat'i nazar 4 bosqichdan: dastlabki (xom) polimer olish, yigiruv mahsulotini tayyorlash, tolag shakl berish, pardoqlash bosqichlaridan iborat.

Dastlabki (xom) polimerning olinishi. Xomashyo tabiiy polimer bo'lsa u qo'shimchalardan tozalanadi. Monomer bo'lsa, polimer sintezlanadi, smola olinadi. Bunda qanday xomashyodan foydalanishdan qat'i nazar olinadigan polimerga quyidagi umumiy talablar qo'yiladi: 1) to'g'ri chiziqli tuzilishga ega bo'lgan polimer olish. Shundagina uni eritish yoki suyuqlantirish hamda tola yo'nalishini tartibga solish mumkin; 2) polimerning molekular massasini ma'lum darajada saqlash (odatda 15000 – 100000 atrofida). Agar molyar massasi bundan kichik bo'lsa, undan

olingan tola mustahkam bo'lmaydi, aksincha katta bo'lsa uning eritmasi yoki suyuqlanmasining oquvchanligi kamayib, qovushqoq bo'lib qoladi va tolaga shakl berish qiyinlashadi; 3) olingan polimer juda toza bo'lishi kerak, aks holda hatto ozgina begona aralashma ham tola mustahkamligi va sifatini pasaytiradi.

Yigiruv mahsulotlarini tayyorlash. Buning uchun polimer erituvchilarda (ishqor, spirt, atseton, dimetilformamid va boshqalar) eritilib 7—25 %li eritma tayyorlanadi yoki u suyuqlantiriladi. Chunki tola faqat eritma yoki suyuqlanma holatida bo'lganida, unga shakl berilganida tola makromolekulasi uning uzunasi bo'ylab orientatsiyalana oladi, polimer makromolekulasidagi ichki o'zaro ta'sir kuchlari kamayadi, molekulalararo ta'sir kuchlari esa ortadi. Eritma yoki suyuqlanma 2—4 marta filtrlanib, qo'shimchalardan tozalanadi, vakuumlash orqali havo pufakchalari yo'qotiladi, aks holda shakl berish paytida tola iplarining uzilishiga sabab bo'lishi mumkin. Zaruriyatga qarab, yigiruv mahsulotiga bo'yoqlar, oqartirgichlar va boshqa birikmalar qo'shiladi.

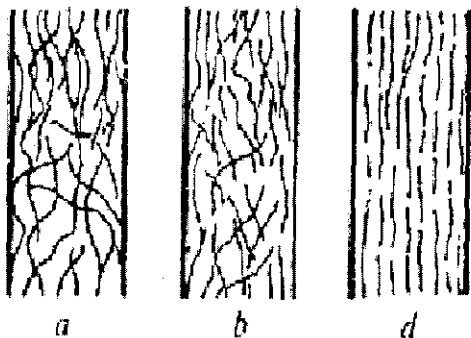
Tolaga shakl berish. Yigiruv mahsulotini katta bosimda fileralardan o'tkazish orqali amalga oshiriladi. Filerada (ip hosil qiluvchi qadahsimon idish, angishonaga o'xshab ketadi) 1000 dan 40000 tagacha, hatto undan ham ko'proq, diametri 0,06—0,5 mm bo'lgan mayda teshikchalari bo'ladi, tola iplarining bir-biriga yopishish xossasini ko'paytirish uchun teshiklarni ko'pincha aylana shaklida emas, balki yulduzcha, uchburchak va boshqa shakllarda qilinadi. Fileralar xromnikelli po'latdan, tantaldan, platina-iridiy, platina-oltin qotishmalardan yasalanadi. Fileradan siqib chiqarilgan polimerning ingichka oqimi, (ipi) yigiruv mahsulotining turuga qarab 3 xil usulda qotiriladi: 1. Ho'l yigirish usuli, bunda fileradan chiqqan ip cho'ktirish vannasiga tushadi, u yerda kaogulyatorlar bilan kimyoviy ta'sirga uchrab tola qotadi (viskoza, mis-ammiakli tolalar), 2. Eritmadan quruq yigirish usuli bilan qotirish. Bunda issiq havo oqimida uchuvchan erituvchining bug'lanib ketishi tufayli ip hosil bo'ladi (atsetat tolasi, nitron, vinol va boshqalar). 3. Suyuqlanmani quruq yigirish usulida sovuq havo oqimi bilan polimer suyuqlanmasining ingichka oqimi sovitilib qotadi.

Qotgan ingichka tolalar to'plami to'xtovsiz tola qabul qiluvchi qurilmaga o'tadi va u yerda o'rovchi moslamalar (babina, rolik, sentrifuga) yordamida ko'p martalab cho'ziladi. Cho'zish bosqichida tola makromolekulasining uzunasiga orientatsiyalanishi davom etadi, ya'ni tola molekulalari uzunasiga tartibli tuzilib qoladi (129-rasm), natijada molekulalararo bog'lanishning ortishi hisobiga tolaning mustahkamligi ortadi.

Pardozlash bosqichida tolaga turli xossalar beriladi. Agar tolaga shakl



berish uchun turli reagentlar va eritmalar qo'llanilgan bo'lsa yaxshilab yuviladi, zarur bo'lsa oqartiriladi va bo'yaladi. To'qimachilik korxonalarida tolani qayta ishlash oson bo'lishi uchun, sovun yoki moyli eritmalar bilan moylanadi (shlixtovka deyiladi), so'ngra quritilib yigiriladi va kalavalanadi. Kimyoviy tolalar uzun uzluksiz (monotola) ko'rinishida yoki shtapel tolasi (30 – 150 mm uzunlikda kesilgan holda) shaklida olinadi. Shtapel tolalar kiplarga presslanadi. Ulardan toza holda yoki boshqa tolalar bilan qo'shib yigirilgan iplar (pryajalar) tayyorlanadi.

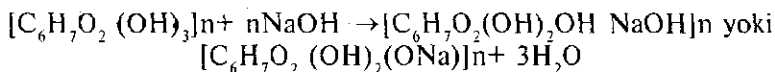


129-rasm. Tolaga shakl berishda chiziqsimon makromolekulalarning oriyentatsiyalanishi:

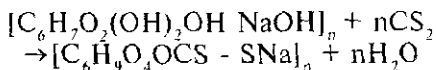
- a — molekullarning tartibsiz joylashuvi;
- b — qisman oriyentatsiyalangan;
- d — oriyentatsiyalangan.

## 14.2. Viskoza tolasi ishlab chiqarish

Viskoza tolasi boshqa kimyoviy tolalar orasida eng ko'p ishlab chiqariladi (umumiy ishlab chiqariladigan tolalarning 60 % ini tashkil etadi). Yigiruv eritmasini tayyorlash uchun sulfitli selluloza olinib, unga 18–20% li NaOH eritmasi bilan ishlov beriladi. Unda selluloza tarkibidan qolgan gemisellulozaning ko'p qismi yuvilib chiqadi, molekullararo bog'lar ham qisman uziladi va ishqoriy selluloza hosil bo'ladi, bu jarayon merserizatsiya deyiladi.

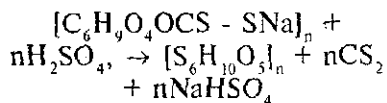


Merserizatsiya 10–60 minut davomida 20–50° C da olib boriladi. Ishqoriy sellulozadan NaOH ning ortiqchasi siqib chiqariladi va maydalanadi, so'ngra 30–50° C da qoldiriladi. Taxminiy yetilish jarayoni oralig'ida havo kislorodi ta'sirida sellulozaning polimerlanish darajasi birmuncha kamayadi. Shundan keyin ishqoriy selluloza 2–3° C mobaynida uglerod sulfid (u selluloza massasining 33–38 % ini tashkil etishi kerak) bilan ishlov beriladi (sellulozani ksantogenlash). Natijada to'q sariq rangli sellulozaning ksantogenati hosil bo'ladi. U NaOH ning 4–7 % li eritmasida yaxshi eriydi.

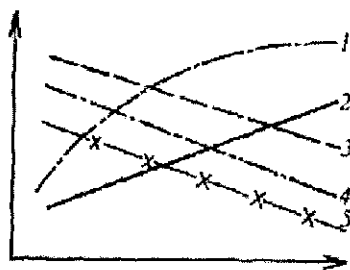


Ksantogenat viskoza uskunasida aralastirgich yordamida (bir minutda 900–1000 marta aylanadi) eritiladi. Natijada 6–9 % selluloza va 7 % NaOH eritmasidan iborat suvli eritma hosil qilinadi. Olinadigan viskozaning sifati yetilish jarayonining davomiyligiga hamda haroratga bog'liq bo'ladi (130-rasm). Selluloza 14–17°C da 2–3 kun davomida yetiladi. Tayyor bo'lgan eritma filtrlanadi, vakuumda havo pufakchalari chiqarib yuboriladi va ho'l yigirish usulida tolaga shakl berishga yuboriladi (132-rasm) yigiruv nasosi (2), viskozani siqib filtrdan (3), so'ngra shisha nay (4) orqali fileradan (6) o'tkazadi va cho'ktirish vannasiga tushadi.

Undagi eritma tarkibi 80–150 g/l  $H_2SO_4$ , 160–320 g/l  $Na_2SO_4$  va 10–100 g/l  $ZnSO_4$  dan iborat. Cho'ktirish vannasida (5) quyidagi jarayonlar boradi: elektrolit ta'sirida viskozaning kaogullanishi, kislotada ta'sirida selluloza ksantogenatining parchalanishi, turli oltingugurtli birikmalarning  $H_2S$  va  $CS_2$  hosil qilib yemirilishi va boshqalar:

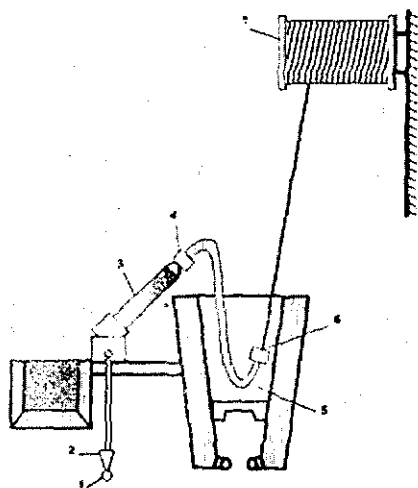


Eritma to'xtovsiz regeneratsiyaga yuborib turiladi, regeneratsiyalangach vannaga qaytariladi. Regeneratsiyalangan selluloza tolasi yig'ilib, bir tutam qilib babinaga (ip zug'ataga



130-rasm. Ksantogenatning tarkibi va xossalari ga ksantogenlash davomiyligining ta'siri:

1 — etrifkatsiyalash darajasi; 2 — gidrokarbonatlarning miqdori; 3 — regeneratsiyalangan sellulozaning molekular massasi; 4 — viskozaning qovushqoqligi; 5 — erkin natriy gidroksidining miqdori.



131-rasm. Eritmadan "Ho'l" yigirish orqali tolaga shakl berish sxemasi:

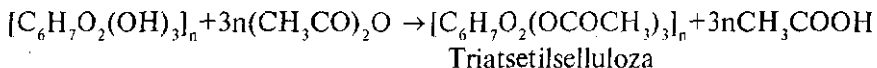
1 — viskoza eritmasining kirishi; 2 — yigiruv nasosi; 3 — filtr; 4 — shisha quvurcha; 5 — cho'ktirish vannasi; 6 — filyera; 7 — babinaga (zug'ata).

o'raladi) yoki sentrifugaga (sentrifuganing ichki devori bo'ylab, ip dumaloq shaklida yig'iladi) o'raladi, cho'ziladi va taxlab qo'yiladi. Yigirish tezligi 75—100 m/min.

Tolani sayqallash. Tola tarkibidan oltingugurtning yo'qotish uchun ishqorning suyuq eritmasi bilan ishlov berish, so'ngra qiyin eruvchi tuzlarni yo'qotish uchun kislota eritmasi bilan yuvish va nihoyat natriy gipoxlorit bilan oqartirish kabi amallarni bajarishdan iboratdir. Shundan so'ng tola oleinli moy bilan moylanadi va 70° C da quritiladi. So'ngra o'raladi va kerakli joylarga jo'natiladi. Viskoza tolasi 100—120° C haroratga va organik erituvchilarga chidamli. Ho'l holda bo'lganda uning mustahkamligi 40—50 % kamayadi. Viskoza ipak, shtapel, kord va sun'iy qorako'l olinadi.

### 14.3. Atsetat va kapron tolasi ishlab chiqarish

Bizning davlatimizda atsetat tolasi olish uchun xomashyo sifatida asosan paxta chigitidan tola ajratib olingach, chigitda qoladigan tuklar (lint) ishlatiladi. Undan tashqari xomashyo sifatida yog'och sellulozasi va boshqa ko'pyillik va bir yillik o'simliklardan ajratilgan sellulozalarni ishlatish mumkin. Bunda selluloza sirka angidridi bilan atsetillanadi. Reaksiya sulfat kislota katalizator ishtirokida boradi va natijada triatsetilselluloza olinadi:



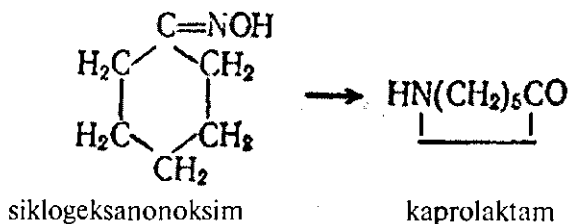
Atsetillash jarayoni erituvchisi sifatida 98% li sirka kislotasini qo'llash orqali reaksiya gomogen muhitda amalga oshiriladi. Jarayon maxsus uskunada, 34—45° C da 8—10 soat mobaynida amalga oshiriladi. Triatsetilselluloza ko'pchilik organik erituvchilarda erimaganligi uchun sirka kislotasini suv bilan suyultirib, 30—35° C da 10 soat davomida qisman gidrolizga uchratiladi. Bunday sharoitda barcha atsetil guruhlarning 15—20 foizi diatsetatselluloza hosil qilib gidrolizlanadi, va u diatsetat tolasi olish uchun qo'llaniladi. Uni ajratish uchun eritma tarkibida 35—40 % CH<sub>3</sub>COOH bo'lguncha suv bilan suyultiriladi. Hosil bo'lgan diatsetatselluloza cho'kmasi suv bilan yuviladi, sentrifugada siqiladi va quritiladi. Suvli eritmadan esa sirka kislota qayta ishlatish uchun ajratib olinadi.

Diatsetatsellulozaning yigiruv eritmasini 45—50° C da atsetonda eritib, bir necha qavat doka yoki maxsus filtr qarton orqali bosim ostida filtrlab olinadi. Eritmadan diatsetat tolasiga quruq usulda shakl beriladi: eritma yigiruv nasoschasidan filtr va chualchangsimon quvur orqali

o'tib fileraga boradi, undan chiqqan oqim maxsus shaxtaga tushib, erituvchisi atseton bug'lanib ketadi va natijada qotib, ingichka atsetat tolalarini hosil qiladi. Atseton bug'lari aktivlangan ko'mir orqali ushlab qolinadi.

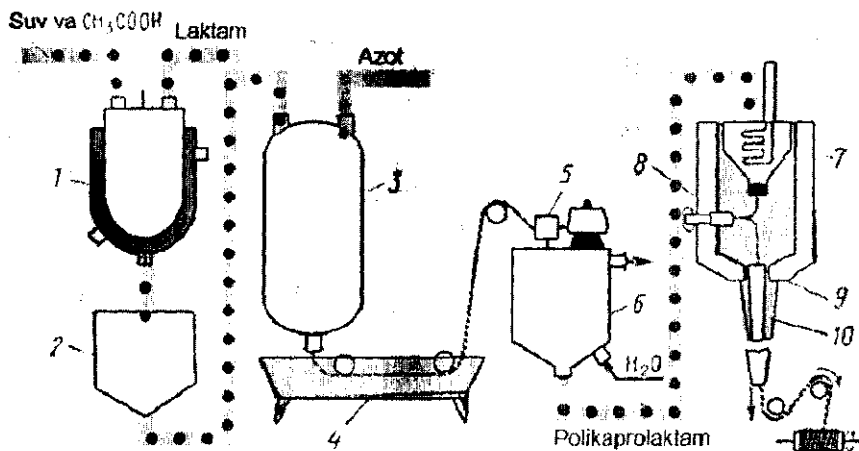
**Triatsetat tolasi.** Triatsetatsellulozadan olinadi, sellulozani atsetillash sirka kislotani benzol bilan aralashmasida geterogen muhitda olib boriladi va hosil bo'lgan cho'kma filtrlab ajratiladi. Yigiruv eritmasini esa triatsetatsellulozani metilenzloridi ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) va etil spirtining (90%:10%) aralashmasida eritib olinadi va tolaga quruq usulda shakl beriladi. Tolani  $220^\circ\text{C}$  da qisqa muddatda qizdirilib, uning nurga, haroratga chidamliligi oshiriladi, bu tola diatsetatga nisbatan arzonligi, g'ijim bo'lmasligi uchun uning ishlab chiqarish kengaymoqda.

**Kapron tolasi ishlab chiqarish.** Kapron sintetik tola hisoblanadi va u kaprolaktamdan olinadi. Kaprolaktam Chirchiq shahridagi kimyo zavodida ishlab chiqariladi. U yerda kaprolaktamni toluloldan olinadi. Bu bir necha bosqichli reaksiya bo'lib, unda avval tolulol benzoy kislotasigacha oksidlanadi va unga gidroksilamin tuzlari ta'sir ettirilib, siglogeksanonoksimgacha aylantiriladi va uni sulfat kislotaga ishtirokida izomerlab kaprolaktam olinadi:

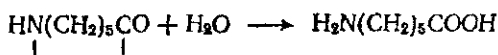


Polikaprolaktam kaprolaktamni avtoklav usulida pog'onali polimerlash orqali olinadi (132-rasm). Kaprolaktam emallangan qozonda (1) aralashtirgich yordamida,  $70\text{--}75^\circ\text{C}$  gacha suv bilan qozonning ko'ylagi orqali qizdirib turib suyuqlantiriladi.

Suyuqlanma yumshatilgan suv bilan aralashiriladi (laktam massasining 10—15 % gacha), suv aktivlovchi vazifasini o'ynaydi. Polimerning molekular massasini boshqarib, to'g'rilab turish uchun sirka kislotaga (1% li) qo'shiladi. Eritma filtrdan (2) o'tkazilib, po'lat avtoklavga (3) yuboriladi. U yerda polimerlanish jarayoni ketadi. Polimerlanish 1,5 MPa bosimda,  $250^\circ\text{C}$  da toza azot atmosferasida olib boriladi. Bunday sharoitda suv ta'sirida laktam halqa uziladi va aminokapron kislotaga hosil bo'ladi:



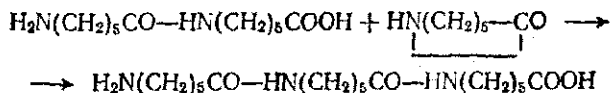
**132-rasm.** Avtoklav usulda polikaprolaktam ishlab chiqarish sxemasi:  
 1 — kaprolaktamni eritish apparati; 2 — filtr; 3 — avtoklav; 4 — suvli sovitgichli vannasi; 5 — maydalagich; 6 — ekstraktor; 7 — suyuqlantirgich; 8 — nasos; 9 — filyera; 10 — shaxta.



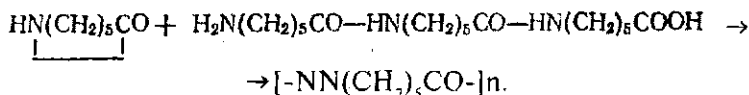
so'ngra u kaprolaktam bilan birikib dimer hosil qiladi:



dimer yana kaprolaktam molekulasini bilan birikib, trimer hosil qiladi:



va polimerlanish darajasi 150—200 ga teng bo'lgan polikaproamid hosil bo'lguncha reaksiya davom etadi:



Polikaprolaktam avtoklavdan azot bilan siqilib suvli vannaga tushadi va qattiq lentasimon ko'rinishda qotadi, so'ngra kesuvchi mashina (5) bilan 6—7 mm kattalikda kesib bo'laklanadi va ekstraktorga (6) yuboriladi. Ushoqsimon kaprolaktam bo'laklarga 95—98° C gacha qizdirilgan yumshoq suv solinib, reaksiyaga kirishmagan monomerlar va kichik molekular massali polimerlar

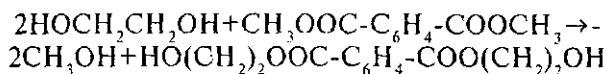
ekstraksiyalanib, kapron polimeridan ajratib olinadi. So'ngra kapron ushoqlari yigiruv mashinasining suyuqlantirgichida (7) 260—270° C da suyuqlantiriladi. Suyuqlanma dozalovchi nasos (6) yordamida 3—6 MPa bosimda filtr orqali fileraga (9) siqib o'tkaziladi. Undan ingichka tolachalar suyuqlanmasi shaxta (10) ga o'tadi va unda sovuq havo oqimida qotib ipchalarga aylanadi. Olingan tola cho'ziladi, yuviladi, qayta o'raladi va moylanadi. Kapron va boshqa sintetik tolalarni yigirish tezligi 1500 m/minutgacha bo'ladi. Kaprondan paypoq va trikotaj buyumlari, gazlamalar, og'ir samolyotlarning shinalariga kord, plyonkalar, yelim, tishli uzatgichlar, naylar, podshipniklar, separatorlar va shu kabi ko'pgina buyumlar ishlab chiqariladi. Xuddi shunday usulda enant, amid tolalari ham olinadi. Poliamid tolalari yedirilishga juda chidamliligi, egiluvchanligi, uzilishga o'ta mustahkamligi, chirimasligi, gigroskopligining kam bo'lishi bilan ajralib turadi.

#### 14.4. Naylon (anid) va lavsan tolalari

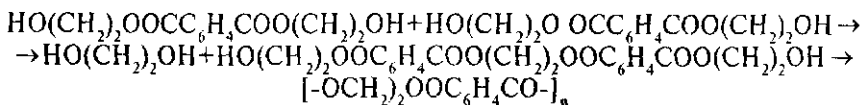
Naylon (anid) tolasi ham poliamid tola bo'lib, poliamid smolasining suyuqlanmasidan shakl berib olinadi. Poliamid smolasi adipin kislotasi va geksametilendiaminning ekvimolyar miqdorini birgalikda polikondensatsiyalab olinadi. Reaksiya 280° C da vakuumda boradi, bu esa hosil bo'lgan suv bug'larini reaksiya muhitidan chiqarib yuborilishiga olib keladi.



Lavsan tolasi polietilentereftalat smolasining suyuqlanmasiga shakl berib olinadi. Bu geterozanjirli poliefir smola bo'lib, molekula zanjirida COO-guruhini saqlaydi. Polietilentereftalatni olish uchun xomashyo etilenglikol va tereftal kislotasining dimetil efiri hisoblanadi. Uni n-kisilolni oksidlab metil spirti bilan eterifikatsiyalab olinadi. Katalizator sifatida surma (III) oksidi yoki temir (II) benzoati va kobalt atsetati ishlatiladi. Qayta eterifikasiya reaksiyasi natijasida tereftal kislotasining diglikol efiri hosil bo'ladi.



Tereftal kislota diglikol efiri vakuumda 270—280° C da polikondensatsiyaga uchratiladi, bunda etilenglikol ajralib apparatdan haydaladi:



Polietilentereftalat

Lavsan tolasi poliamid tolalari kabi suyuqlanmadan shakl beriladi va

qizdirib, 4—5 marta choʻziladi. Bosish hamda choʻzish bilan smoladan oʻta mustahkam plyonka olinadi, u elektr izolatsiyasi va boshqa sohalarda ishlatiladi. Undan tashqari polietilenterestlatdan har xil salqin ichimliklar qadoqlash uchun idishlar ham olinadi.

## 14.5. Nitron tolasini ishlab chiqarish

Nitron tolasini ishlab chiqarish respublikamizda “Navoiyazot” birlashmasida yoʻlga qoʻyilgan. 2008-yilda bu korxonada 20000 tonnaga yaqin tola va boshqa nitron asosidagi mahsulot ishlab chiqilgan.

Nitron tolasini ishlab chiqarish uchta texnologik sexni: polimerlash, erituvchini regeneratsiyalash, yigiruv-pardozlash sexlarini oʻz ichiga oladi. Polimerlash sexida yigiruv eritmasi olinadi. Uni akrilonitril, metilakrilat va itakon kislotasini natriy rodanid eritmasida sopolimerlash usuli bilan hosil qilinadi. Polimerlash sexi tarkibiga: aralashtirish, polimerlash, demonomerlash, filtrlash, jilosizlash, yaltiramaydigan qilish, deaeratsiyalash boʻlimlari kiradi.

Polimerlash sexining qurilmalari har birining mahsuldorligi tayyor tolagacha hisoblaganda 50 t/sutka, yigiruv eritmasiga nisbatan hisoblaganda esa 400 t/sutkaga teng boʻlgan ikkita texnologik liniyaga boʻlingan. Yigiruv eritmasi texnologik liniyalarning har birida alohida-alohida mustaqil toʻxtovsiz hosil qilinib turiladi.

*Nitron tolasini ishlab chiqarishning nazariy asoslari.* Polimerlash sexida polimer hosil qilish jarayoni suvli muhitda sopolimerlash usuli bilan amalga oshiriladi. Bunda natriy rodanidning suvdagi eritmasida (erituvchida) akrilonitril, metilakrilat va itakon kislotalarining aralashmalari tezlatuvchi va turgʻunlovchilar ishtirokida sopolimerlanadilar. Sopolimerlar havosizlantiriladi, filtrlanadi va tiniq yaltiroq yigiruv eritmaga aylantiriladi.

Akrilonitril metilakrilat va natriy itokonatlarning polimerlanishi, massa ulushi 51,5% boʻlgan natriy rodanidning suvdagi eritmasida olib boriladi. Rodanid eritmasi ham monomerlarni, ham hosil qilingan polimerlarning erituvchisi hisoblanadi.

Polimerning hosil boʻlish tezligi va molekular massasi, aktivlashtiruvchi va monomer hamda boshqaruvchi (regulator) konsentratsiyasiga bogʻliq boʻladi.

Sopolimerlanish jarayonida monomerlarning konversiya darajasi 50—60% boʻladi. Sopolimerlanish jarayoni va tola xossasiga quyidagi texnologik parametrlar taʼsir etadi:

I. Harorat. Haroratni oshirish aktivlashtiruvchining parchalanish tezligini oshiradi, natijada polimerlanish reaksiyasi tezlashadi va polimerning molekular massasini kamaytiradi.

2. Aktivlashtiruvchining massa ulushi. Aktivlashtiruvchining massa ulushini oshirish erkin radikallarning ko'p miqdorda hosil bo'lishiga, natijada polimerlanish reaksiyasining tezlashuviga va polimer massasining kamayishiga olib keladi.

3. Monomerning massa ulushi. Monomerning massa ulushini oshirish polimer zanjirining o'sishi reaksiyasini tezlatadi, molekular massasining ortishiga olib keladi.

4. Tiomochevina (IV) oksidining (boshqaruvchi) massa ulushi. Tiomochevina (IV) oksidi polimer zanjirini uzatuvchi va qaytaruvchi agent vazifasini bajaradi. Uning massa ulushini oshirish polimer zanjirining uzilish reaksiyasini tezlashtiradi, polimerning molekular massasini kamaytiradi. Bundan tashqari tiomochevina (IV) oksidi tola rangini barqarorlashtiruvchi (turg'unlashtiruvchi) va sopolimerlanish reaksiyasini sekinlashtiruvchi uch valentli temirni neytral ikki valentli temirga qaytaruvchi hamdir.

5. Izopropil spirtining massa ulushi. Reaksiya aralashmada izopropil spirti polimer molekular massasini kamaytiradi. (U polimer zanjir uzatuvchisidir.)

6. Natriy rodanidining massa ulushi. Natriy rodanidining massa ulushini optimal konsentratsiyasidan (51,5—5 %) ko'paytirish polimerning eruvchanligini ko'paytirib, yigiruv eritmasining qovushqoqligini oshiradi, bu esa uning qayta ishlanishini qiyinlashtiradi. Rodanidning massa ulushini kamaytirish esa polimerlanish reaksiyasi tezligini va polimerning molekular massasini kamaytiradi, gel hosil bo'lishini esa ko'paytiradi. Gelning ko'payishi press-filtr va issiqlik almashtirgichlarni xizmat muddatini qisqartiradi, tolaga shakl berish jarayoniga salbiy ta'sir etadi.

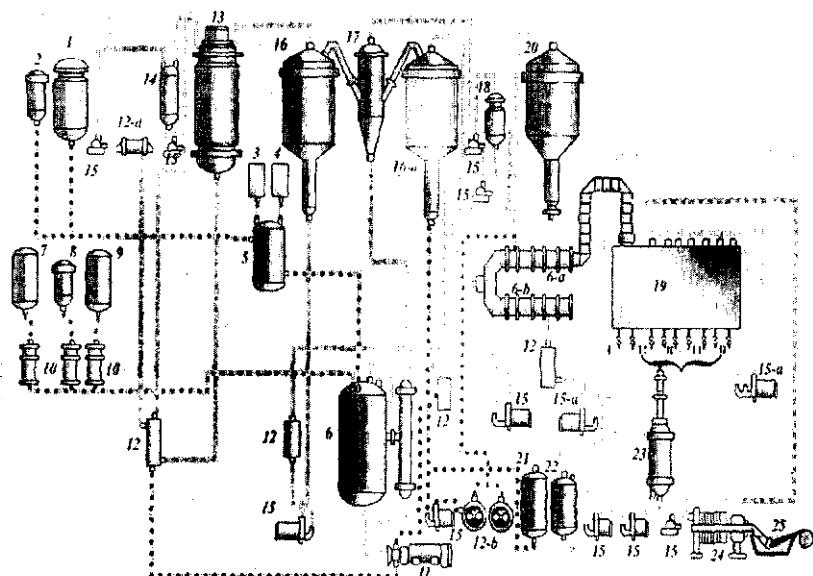
*Texnologik sxemasi.* Itakon kislotasi muhim xomashyolardan biri bo'lib, suvda yomon eriydi. Nitron olishda polimerlanish reaksiyasini suvli muhitda borganligi uchun ham aynan uni ishlatib bo'lmaydi. Shuning uchun uning natriyli tuzidan foydalaniladi (133-rasm).

Suspensatorga (5) (suspenziya hosil qiluvchi uskunaga) natriy rodanid va natriy itokanat 1- va 2- baklardan o'zi oqib tushadi. 3- va 4-bakchalardan tiomochevina (IV) oksidi va porofor talqonlari esa avtomatik ravishda o'lchab beruvchi tarozida o'lchanib tushadi va ashyolar suspensiyasi hosil qilinadi. Suspenziya reagentlarni aralashtiruvchi uskunaga aralashtirgichga (6) o'tadi. Aralashtirgichga (7,8,9) baklardan akrilonitril, metilakrilat va izopropil spirti (10) filtrlar orqali o'zi oqib tushadi.

Suyuq komponentlar (tarkibiy qismlar) sarfi markaziy boshqarish pultida (MBP) avtomatik ravishda boshqarilib turiladi.

Aralashtirgichga (6) pH ni turg'un saqlash uchun 22% li natriy gidrooksid eritmasini to'g'rilovchi klapan (klapan — suv, havo yoki bug'





133-rasm. Nitron ishlab chiqarish sxemasi:

1 — natriy rodanid eritmasi saqlovchi bosimli bak; 2 — natriy itokanat eritmasi saqlovchi bosimli bak; 3 — tiomochevina(IV) oksid saqlovchi dozalagich; 4 — parafor saqlovchi dozalagich; 5 — suspenziya hosil qiluvchi bak; 6,6-A — aralashtirgichlar; 7 — akrilonitril saqlovchi bak; 8 — metakrilat saqlovchi bak; 9 — izopropil spirt saqlovchi bak; 10 — filtr; 11 — nasos; 12-12A — (birinchi pog'onali); 16A — 2-pog'onali demonomerlagich; 17 — kondensator; 18 — bak; 19 — yigiruv eritmasini aralashtiruvchi bak; 20 — deaeratsiyalagich; 21 — nostandart yigiruv eritmasini yig'gichi; 22 — gidrozatvorli bak (yig'gich); 23 — aralashtirgich; 24 — pressfiltr; 25 — tolani cho'ktirish vannasi.

yo'lini ochib-berkitib turadigan qopqoq) orqali solib turish ham mo'ljallangan.

Reaksiyon aralashma yuqorida aytilgan reagentlaridan: toza monomerlar, erituvchi, porofor, tiomochevina (IV) oksidlari, aylanma monomerlardan hosil qilinadi.

Reagentlarni aralashtiruvchi uskuna silindrsimon bo'lib, ichida aralashtirgich o'rnatilgan bo'ladi; aralashtirish jarayoni aylantiruvchi nasos (II) orqali ham amalga oshiriladi.

Reaksiyon aralashma — reagentlar aralashtirgichdan (6) markazdan qochma kuch hosil qiluvchi nasos (11) yordamida issiqlik almashtirgich (12) orqali o'tib, reaktorning (13) ostki qismiga kiradi. Reaksiyon aralashmaning sarfi MBP orqali tekshirib va to'g'rilab turiladi.

Reaktor silindrsimon uskuna bo'lib, hajmi  $9,7 \text{ m}^3$ , ichida varrak tipidagi uch qavatli aralashtirgich bor, tashqi tomoni g'ilof bilan qoplangan. G'ilof ichidan reaktorni isitish yoki sovitish uchun suv o'tib turadi.

Polimerlanish reaksiyasi o'rta  $80^\circ \text{C}$  da boradi. Reaksiya aralashma polimerga aylanguncha  $1,7-2,4$  soat reaktor ichida bo'ladi. Polimerlanish reaksiya ekzotermik bo'lganligidan, reaksiya issiqlik ajralib chiqishi bilan boradi. Reaksiya issiqligi bilan aralashtirgichning aylanishi natijasida ajralib chiqadigan issiqlik miqdorlari haroratni taxminan  $80^\circ \text{C}$  atrofida ushlab turadi.

Demak, reaksiyaning optimal sharoitda bo'lishi tashqaridan issiqlik berilmasa ham davom etadi. Reaktor ichidagi haroratni to'g'rilab turish uchun (texnologik jarayonlarning buzilishidan, ba'zan reaktor ichidagi harorat pasayishi yoki ortib ketishi mumkin) reaktorga kelib kiruvchi reaksiya aralashmaning haroratini plastinkali ikki bo'lmali issiqlik almashtirgich (12) yordamida o'zgartirish amalga oshiriladi.

Reaktordagi yigiruv eritmasining haroratini juda aniq optimal holda saqlash uchun quyidagi parametrlarning: aralashmani reaktorga tushib turish tezligi, reaksiya aralashmaning tarkibini, haroratni doimiy bir xilda saqlash zarur.

Reaktor g'ilofidagi suvda issiqlikning bir tekisda va tez tarqalishi uchun uning suvi nasos (14) yordamida aylantirib turiladi. Tarkibida  $40-50\%$  polimer ushlovchi yigiruv eritmasini hosil qilish uchun reaktorda monomerlarning  $50-60\%$  konversiyaga uchraydi, ya'ni polimerga aylanadi. Hosil bo'lgan mahsulot reaktorning yuqori qismidan vakuumda ishlovchi ketma-ket ikkita demonomerizatorlarga (15) kelganda undan reaksiyaga kirishmay qolgan monomerlar vakuumda bug'lanib ajralib chiqadi. Demonomerlash ikki pog'onada olib boriladi. Demonomerizatorlarda yigiruv eritmasi, konus bo'yicha yupqa qavat hosil qilib oqadi, bunda monomerlar, izopropanol va poroforning parchalanishidan hosil bo'lgan mahsulotlar bug'lanadi. Monomersizlangan yigiruv eritmasini birinchi pog'onali demonomerlanishi tugagach barometrik quvur orqali nasos (14) so'rib oladi va shu nasoslar yordamida plastinkali issiq almashtirgich (12) orqali ikkinchi pog'onali demonomerlanish uchun demonomerlagichga (15-A) yuboriladi. Natijada yigiruv eritmasi tozalanadi. Ajralib chiqqan monomerlar kondensatorga (16) borib kondensatlanadi.

Kondensatlangan monomerlar va izopropil spirti kondensatordan (16) aylanuvchi reaksiya aralashma bilan barometrik quvur orqali aralashtirgichga (6) qaytib keladi. Kondensatlanmagan monomerlar, azot va havo kondensatordan (16) vakuum nasos (14) bilan gidrozatvorli bakka (17) so'rib olinadi. Bak (17) tuzsizlantirilgan suv bilan to'ldirilgan bo'lib, suv nasoslar (14) yordamida aylantirib turiladi.

Monomerlarning bug'lanishi hisobiga yigiruv eritmasi 40 — 50°C gacha soviydi, shuning uchun yigiruv eritmasi ikki pog'onali demonomerlanishga borishdan oldin bug' bilan isuvchi issiq almashtirgichda (12) qizdiriladi.

Yigiruv eritmasi ikki pog'onali demonomerlanishdan o'tgach, filtrlash bo'limiga — aralashtirish uskunasi (18) o'tkaziladi.

Demonomerizatorlarda yigiruv eritmasining sathi (60%) avtomatik ravishda ushlab turiladi.

Yigiruv eritmasini standart (mezon) holga yaqinlashtirish aralashtirish yordamida amalga oshiriladi. Aralashtirish sistemasi tarkibida: ikkita to'g'ri chiziqsimon aralashtirgich (6A va 6B), aralashtirish uskunasi (19), plastinkasimon issiqlik almashtirgich (12) va aylanma nasoslaridan (14A) tashkil topgan.

Aralashtirish uskunasi (18) 213 m<sup>3</sup> sig'imli to'g'ri burchakli idish bo'lib, ichiga uni yetti bo'limga bo'luvchi to'siqlar o'rnatilgan. Yigiruv eritmasi aralashtirilganda ajralib chiqadigan akrilonitril va metilakrilat bug'larini ajratib olmoq uchun har bir bo'lim gaz yig'gich bilan ta'minlangan va umumiy gaz quvuriga tutashgan, ushbu quvur orqali bug'lar atmosferaga chiqarib yuboriladi.

Yigiruv eritmasi demonomerlash quvurlaridan to'g'ri chizikli aralashtirgich (6A) orqali aralashtirish uskunasi (18) birinchi bo'limiga keladi, oxirgi yettinchi bo'limiga esa eritma nasos bilan aralashtirgichga (6A) uzatiladi, u yerda toza yigiruv eritmasi bilan aralashadi. Har bir bo'limdan yigiruv eritmasi nasos (14) bilan issiq almashtirgich (12) orqali aralashtirgichga (6B) uzatiladi. Issiq almashtirgichdan o'tgan yigiruv eritmasining harorati 25—35° C atrofida bo'ladi. Eritmaning bir qismi aralashtirgichdan (6B) nasos (14) bilan deaeratorga (19) olib beriladi, qolgan qismi esa yigiruv eritmasining yangi toza qismi bilan aralashtirish uchun, aralashtirgichga (6A) tushadi. Nostandart yigiruv eritmasi demonomerlash qurilmasidan saqlash bakiga (20) olinadi, undan oz-ozdan uskunaga (18) uzatiladi.

Standart holda yaqinlashtirilgan yigiruv eritmasi tarkibida hali-oz miqdorda havo va azot saqlaydi (azot poroforming parchalanishidan hosil bo'lib, yigiruv eritmasida qoldiq sifatida bo'ladi), ular tolaga shakl berish bosqichida tolaning uzilishiga sabab bo'ladi. Shuning uchun ham yigiruv eritmasi deaerator (19) havosizlantiriladi. Deaerator silindrsimon uskuna bo'lib, ichidagi beshta konus shunday o'rnatilganki, eritma ularning har biridan oqib o'tganda tekis taqsimlanadi. Konuslar yuzasidan eritma yupqa qavatli oqim shaklida oqadi va vakuum ostida eritmadagi havo pufakchalari ajralib chiqadi (bosim 0,007 MPa). Deaerator (19) vakuum 4 pog'onali vakuum nasos yordamida hosil qilinadi.

Havosizlantirilgan yigiruv eritmasi deaeratoridan barometrik quvur orqali yig'gichga — gidrozatvorli bakka (21) quyiladi. Uning sathi avtomatik boshqariladi. Havosizlantirilgan yigiruv eritmasi yig'gichdan (21) nasos (14) bilan nasoslar (14) kollektoriga uzatiladi. Undan aralashtirgichga (23) tushadi, u yerda titan (IV) oksidi va oqartirgich bilan aralashtirilgach nasoslar (14) yigiruv eritmasini filtr-press (23) orqali siqib, yigiruv mashinasining kollektoriga o'tkazadi. Kollektorning bosimi MBP da to'g'rilab turiladi (0,7 — 1 MPa atrofida bo'ladi), yigiruv eritmasining ortiqchasi uskunaga (18) keladi. Filtr-pressdan oqib ostiga tushgan yigiruv eritmasi vakuum hosil qiluvchi nasos yordamida maxsus bakka tushadi va undan yana uskunaga (18) o'tadi. Yigiruv eritmasi yigiruv-cho'zish uskunasida olib boriladi. Bu uskuna 5—6 bo'lmadan iborat bo'lib, har bir bo'lmada 3 tadan filerasi bor, fileralarning 26000, 40000 va undan ko'proq teshiklari bo'ladi. Shakllash tezligi 3—6 m/min, cho'ktirish vannasining (10—12 % natriy rodanid eritmasi) harorati 9—11° C bo'ladi. Shakllangan tolalar jgut ko'rinishida oldindan isitish vannasiga (4 % natriy rodanid eritmasi) so'ng bug'li shaxtaga yuboriladi va u yerda 7—10 marotaba cho'ziladi. Hosil bo'lgan jgut ketma-ket turgan vannalarda yuviladi, avivajlanadi, quritiladi, antistatik preparatlar ishlanadi, gofrovka qilinib qadoqlanadi. Nitron tolasi jun o'rnida keng sohalarda ishlatiladi, undan gilamlar, poyandozlar, kiyim-kechaklar va hokazolar tayyorlanadi.

## XV bob. POLIMERLARNI QAYTA ISHLASH

### 15.1. Polimerlarga shakl berish usullari

Polimerlardan xalq xo'jaligining qariyb barcha sohalari uchun iste'mol buyumlari tayyorlanadi. Polimerlarni va ular asosida tayyorlanadigan aralashmalarni qayta ishlash uchun qo'llaniladigan uskunalar ilgari ko'rib o'tilgan uskunalaridan tuzilishi bilan farq qiladi. Chunki yuqori molekular birikmalar juda yopishqoq bo'ladi. Shuning uchun ularni mashinalarda oddiy aralashtirish o'rniga surkash, ezish, kukun, talqon qilish, vallar orasidagi ingichka teshik orqali bosib chiqarish yoki maxsus aralashtirgichlarda aralashtirish, fileralardan o'tkazish kabilardan foydalaniladi. Bu esa kattagina energiya sarflashga olib keladi. Bunday mashinalarni harakatga keltirish uchun yuzlab, hatto minglab klovatli elektromotorlardan foydalaniladi.

Masalan, rezolli smoladan fenoplast olinadi. Buning uchun paxta gazlama, shisha tolasi, qog'oz kabilarga suvsiz smolaning spirtidagi eritmasi (lak) yoki emulson smola shimdiriladi, beryoza (qayin) shponidan maydalaridan bir necha qavat qilib yelimlanib fanera tayyorlanadi. So'ngra material quritiladi, varaqlar shaklida kesiladi, varaqlar bir-birining ustiga qo'yiladi yoki birgalikda o'raladi. 150—170° C haroratda va 70—150 atmosfera bosimda gidravlik presslovchi uskunalarda siqilib presslanadi. Bunda varaqlar pachkasi bog'lami presslash uskunasi plitalari oralig'iga yoki presformaga joylashtiriladi.

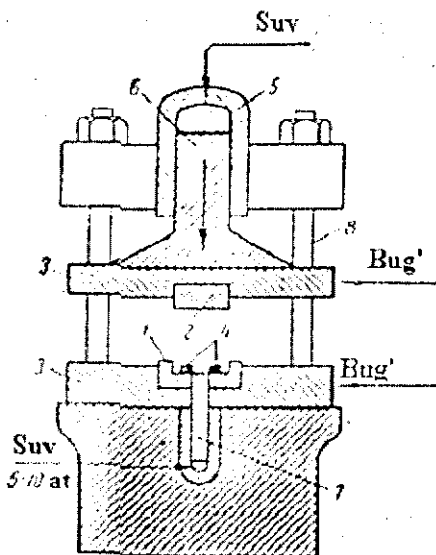
Plitalar bug' bilan yoki elektr toki bilan qizdiriladi. Presslashning davomiyligi buyumning qalinligiga bog'liq, har bir millimetr qalinlikka 3—4 minut vaqt kerak bo'ladi. Shunday yo'l bilan quyidagilar olinadi: a) paxta gazlamadan tekstolit olinib, undan shovqinsiz podshipniklar, shesternalar, shikiflar (uzatma tasma harakatga keltiruvchi g'ildirak), quvurlar, elektroizolatsiya uchun plitalar, mashinaning turli qismlari tayyorlanadi; b) shishatekstolit olinadi, undan avtomobillarning kuzovlari, samolyotlarning turli qismlari, motorli qayiqning binosi, quvurlar va boshqalar tayyorlanadi; d) qog'ozdan getenaks olinadi, u turli xildagi elektrotexnika qismlari tayyorlashda, devor va mebellarni bezovchi qoplama plastinalari va boshqalardan foydalaniladi; e) fanera shponidan — yog'och qavatli plastikalar yoki plitalar olinadi, u devorlarni bezashda, mashina qismlari, podshipniklar, samolyot qismlari, mebellar va boshqalarda ishlatiladi. Ularning uzilishga mustahkamligi 400 kg/sm<sup>2</sup> gacha bo'lib, po'lat mustahkamligiga yaqin bo'ladi. Rezol smolalar faolit olish uchun ham xizmat qiladi. Faolit ko'pgina ishqor va kislotalarga hamda organik erituvchilarga o'ta chidamli bo'lib, kimyoviy ishlab chiqarishlarda keng

foydalaniladi. Smola asbest bilan, baʼzan grafit bilan yoki qum bilan maxsus aralashtirgichlarda aralashtirilib, aralashma valslarga (juvalaydigan, yoyadigan mashina) qayta ishlanadi. Soʻngra shnek-mashinalarda (tuzilishi chuvalchangsimon press uskunasiga oʻxshaydigan uskuna) quvurlar yoki kalandrlarda plastik listlar (varaqlar) tayyorlanadi, undan nasoslarning qismlari, rektifikatsiya minoralari, joʻmraklar, aralashtirgichlar (va hokazolar) tayyorlanadi. Olingan buyumlar qizdirish bilan qotiriladi. Yogʻoch tayyorlashda va kesishda hosil boʻladigan chiqindi, qipiqlar emulsion smola bilan aralashtirilib, presslanib yogʻoch-payraxa plitalari, yaʼni DSP (деревянно-стружечные плиты) olinadi, ular uylarni pol qilishda, devor panellari (yigʻma inshoot yoki binolarning alohida tayyorlangan bir qismi), shiftlar va boshqalar olinishda ishlatiladi.

Novolak smolalar termoreaktiv boʻlmaganligi uchun asosan presslanuvchi materiallar olish uchun ishlatiladi. Bunda buyum issiq holda presslash yoʻli bilan tayyorlanadi.

Presslanuvchi materiallar — bu smola, toʻldiruvchilar, qotiruvchilar, boʻyoqlar aralashmasi boʻlib, toʻldiruvchining tuzilishiga qarab ular tolasimon pressmateriallar yoki paxta tuklari, momuqlari, asbest, gazlama qiyqimlari kabilarga hamda presslanuvchi kukunga (pressporoshok) boʻlinadi, pressporoshoklar bu smola kukuni va toʻldiruvchi (yogʻoch kukuni, kaolin, baʼzan slyuda, grafit, kvars uni kabilar) aralashmasi.

Pressporoshok olish uchun novolak smolasi dastlab odatdagi maydalagichlarda, soʻngra sharli maydalagichlarda, maydalanib kukun holda maydalangan toʻldiruvchilar bilan aralashtiriladi. Aralashma bir jinsli boʻlishi uchun uni 90—120° C da vals uskunasi yoki shnek-

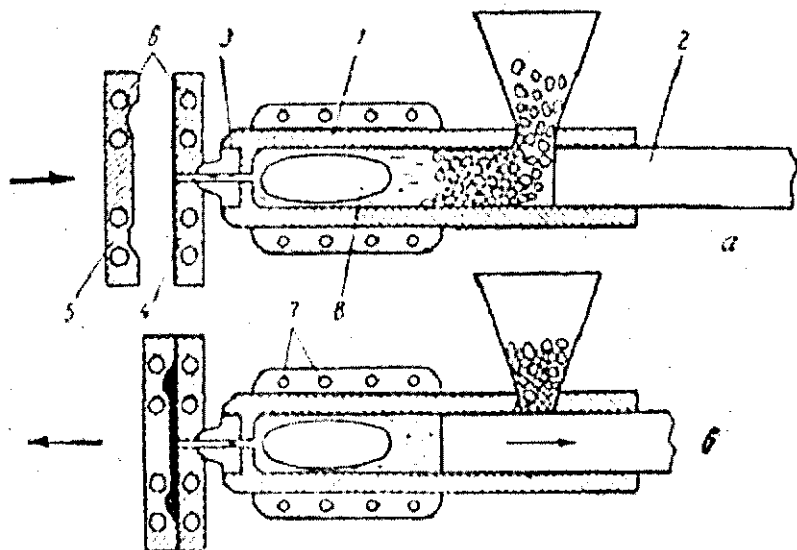


134-rasm. Issiq holda presslovchi gidravlik press:

1 — oʻyma qolip (matritsa); 2 — pansion (oʻyma qolipga bosuvchi boʻrtma); 3 — plitalar; 4 — press kukundan tayyorlangan tabletkalar; 5 — silindr; 6 — plunjer (uzunligi koʻndalang kesimidan ancha uzun porshen); 7 — itargich; 8 — mustahkamlovchi press kolonna.

mashinalar orqali o'tkaziladi. (bunda smola suyuqlanadi) va kukun holga keltirib maydalanadi. So'ngra undan presslash orqali ma'lum og'irliklarda tabletkalar olinadi. Aralashmada smola 40—50 %, urotropin 5—7% ni tashkil qiladi. Buyumlar gidravlik press uskunasi (134-rasm) presslanadi.

Po'latdan yasalgan xromlangan presslash apparati ikki qismdan tuzilgan, matritsa (o'yma qolip) qismi (1) uning bo'shliq qismi, buyumga shakl berish uchun xizmat qiladi va puansondan (bo'shliqqa bosuvchi bo'rtma) (2) iborat, puansonning pastki yuzasi ostki bo'shliq kattaligiga aniq mos keladi. Pressformaning har ikkala qismi po'lat plitaga (3) mahkamlanadi. Plita issiq bug' bilan yoki elektr toki bilan qizdiriladi. Pressporoshokdan olingan bitta yoki bir necha taxminiy qizdirilgan tabletkalar (4) qizdirilgan matritsaga joylashtiriladi va silindrga (5) suv yuborilib, bosim ostida plunjer (6) (uzunligi diametridan ancha katta porshen) tushiriladi va u bilan plita ham puanson bilan tushiriladi. 160—180° C gacha qizdirish ta'sirida va puansonning 200—600 atmosfera bosimida smola suyuqlanib, aralashma buyum shakliga kiradi. Smola rezitga aylanganligi sababli buyum qotadi. Shundan so'ng u itargich (7) bilan matritsadan chiqariladi. Bir uyali pressforma bilan bir qatorda ko'p uyali pressformalardan ham foydalaniladi, ularda bir vaqtda 10—20 ta buyum olinadi.



135-rasm. Quyuvchi mashina.

A — ochiq shakl; B — mahsulot bilan yopiq shakl: 1 — silindr; 2 — plunjer; 3 — soplo konussimon nay; 4 — shaklga plita; 5 — suv bilan sovitish uchun kanallar; 6 — qizdiruvchi element; 7 — po'lat o'zak.

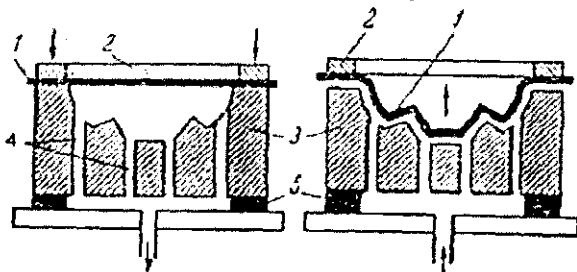
Presslash vaqti buyum qalinligining har bir millimetriga 20—60 sekund hisobida aniqlanadi. Buyumning uzilishga chidamliligi 300—500 kg /sm<sup>2</sup> ga teng bo'ladi. Presslash yo'li bilan elektrotexnik buyumlari, avtomashina va samolyotlarning turli qismlari, uy-ro'zg'or buyumlari va hokazolar ko'plab tayyorlanadi.

Termoplastik polimerlardan, masalan, polietilenni qayta ishlashni ko'rib o'taylik. Ma'lumki, polietilen yuqori chastotali toklarda ham izolatsion material sifatida unga teng keladigani yo'q. U kimyoviy reagentlarga ham o'ta chidamli.

Polietilen oson qayta ishlanadi, buning uchun polietilenni oksidlanishdan himoyalash va yorug'likning ultrabinafsha nurlari ta'siridan himoyalash maqsadida unga stabilizator (turg'unlovchi-benzofenonning hosilasi yoki qurum qo'shib qayta ishlanadi. Qayta ishlash boshqa termoplastik polimerlar kabi bosim ostida ekstruziya usulida shnek-mashinada (ekstrudyerda) elektr tokida qizdirish orqali (quvurlar, plyonkalar va hokazolar olishda) hamda quyuvchi mashinalarda (135-rasm) quyish usulida amalga oshiriladi.

Buning uchun polimer donachalari elektr toki yoki moy bilan qizdiriluvchi silindrga (1) solinadi, u yerda quyulganadi so'ngra darhol plunjner (2) bilan siqilib soplo (3) (ichida gaz yoki suyuqlik tezligi oshadigan qisqa konussimon quvur-kanal) orqali 500-200 atm bosimda pressformaga chiqadi, pressforma ikkita plitadan tuzilgan, ulardan biri qo'zg'almas (4), ikkinchisi qo'zg'aluvchan (5) bo'lib, ularning har ikkalasi ham suv bilan sovitiladi, hosil bo'lgan buyum pressformadan itarib chiqariladi, shundan keyin jarayon takrorlanadi, mashinaning mahsuldorligi juda katta. Termoplastik polimerlarni varaq ko'rinishda qayta ishlashning nisbatan yangi usuli bu — vakuumda shakl berish va pnevmatik (siqilgan havo yordamida ishlaydigan) shakl berish hisoblanadi. Birinchi usulda (136-rasm) plastmassa varag'i (listi) (1) qisuvchi halqa (2) bilan qolip (forma) ustiga mahkamlanadi.

Qolip yog'ochdan yoki plastmassadan tayyorlangan, va unda havoni so'rib olish uchun teshigi (4) bor. Infraqizil nur chiqaruvchi lampa bilan



**136-rasm.** Plastmassadan vakuumda buyum tayyorlash apparati:

1 — plastmassa varaqlari; 2 — qisuvchi halqa; 3 — shakl; 4 — so'rib chiqarish va siqilgan havoni kiritish tuynugi; 5 — qistirma.



(atmosfera bosimiga) varaqlar qizdirilgandan keyin varaq shaklga yopishib qoladi, so'ngra sovitiladi. Ikkinchi usulda esa varaq kameradagi ortiqcha siqilgan havo bosimi hisobiga shaklga yopishadi. Bundan tashqari plastmassadan qilingan qismlarning birikishi uchun issiq gaz oqimi svarkasi qo'llaniladi. Qizigan metall yuzaga polimer kukunini purkab, uning yuzasida korroziyadan himoyalalanuvchi yupqa polimer qavati hosil qiladi.

Shunga o'xshash usullarda blok usulida olingan polistroidan bosim ostida plyonkalar, iplar olinadi, bosim ostida quyish usuli bilan radiotexnika uchun qismlar, uy-ro'zg'or buyumlari olinadi. Polivinilxlorid ikki xil usulda qayta ishlanadi: a) polimerga 2—3 % turg'unlovchi (polimerning sekin-asta parchalanishidan ajralib chiquvchi vodorod xloridini bog'lab olish uchun) qo'rg'oshin karbonati yoki kalsiy stearati qo'shilib, 170°C da yoyadigan uskunada yoyiladi (juvalanadi), so'ngra uni kalandrda yupqa plyonkaga aylantiriladi va bo'laklab kesiladi, bo'laklarni bir nechasini ustma-ust qo'yilib qizdirib bosish orqali viniplast varaqlari olinadi. Bular korroziyaga chidamli material sifatida kimyoviy uskunalarni, elektrolizyorlarni yuzasini qoplashda hamda quvurlar, nasos qismlari va boshqalarni tayyorlashda ishlatiladi. Viniplastning uzilishga mustahkamligi 500 — 700 kg/sm<sup>2</sup> ga teng; b) ayniqsa plastik keng sohalarda ishlatiladi, uni olish uchun polimerga 40—50 % plastifikator, 20 % to'ldiruvchi (amorf kremnezyom kaolin) va turg'unlovchi qo'shilib yoygichda (yoyuvchi uskuna) yoyiladi, kalandrdan varaqlar olinib, undan linoleumlar, sun'iy chamm, oyoq kiyimlarining tagliklari (podoshlar), ho'llanmaydigan plashlar, tasmalar, sumkalar, klyonkalar va boshqalar tayyorlanadi, shnek-mashinada bosish yo'li bilan elektr o'tkazgichlarning (provodalarning) izolatsiyalari kabi qobiqlari, quvurchalar va hokazolar tayyorlanadi.

## 15.2. Kauchukni qayta ishlash

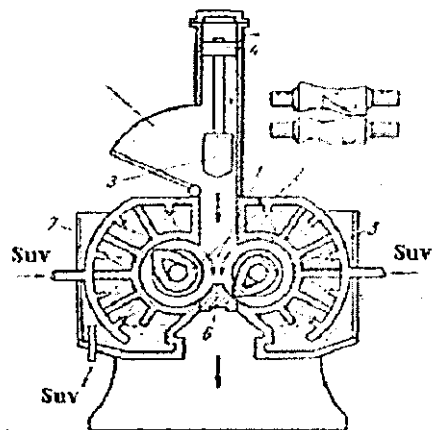
Toza kauchuk buyum tayyorlashga yaramaydi. Chunki u uzilishga chidamsiz, elastikligi kam, yuqori haroratda yopishib qoladi, past haroratda esa mo'rt, sinuvchan bo'ladi. Shuning uchun kauchukni turli organik va noorganik mahsulotlar bilan aralashtirilib, so'ngra undan yarimfabrikatlar va tayyor mahsulotlar shakliga keltiriladi. Shundan keyin vulkanlanadi va rezina buyumlar olinadi. Rezina o'zining ajoyib xossalariga ega bo'lganligidan xalq xo'jaligining turli sohalarida keng ishlatiladi.

Kauchukni turli organik va noorganik moddalar bilan aralashtirish yoyuvchi uskunalarda valsarlarda yoki yopiq rezina aralashtirgichlarda olib boriladi. Valslar (137-rasm) bu bir-biriga qarab aylanuvchi ichi bo'sh ikkita g'ildiraklardan iborat bo'lib, ichki bo'shlig'ida sovuq suv aylanib uni sovitib turadi, g'ildiraklarning uzunligi 1,5—2 m, tashqi yuzasi 0,5—0,65 m bo'lib,

po'latdan yoki oq cho'yandan yasalgan, g'ildiraklar orasidagi tirqishni oldingi g'ildirakni uyoq-buyoqqa surish bilan 3 dan 10 millimetrgacha o'zgartirish mumkin.

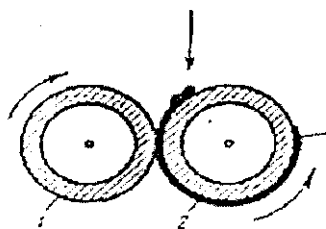
Shu tirqishga avval kauchuk solinadi, ishqalanish tufayli u qizib yumshaydi. So'ngra unga pasta — yumshatgich, tezlatgich, aktivlovchilar aralashmasi qo'shiladi, undan so'ng qurum va boshqa to'ldiruvchilar qo'shiladi va oxirida oltingugurt solinadi. Aralashirilgach hosil bo'lgan rezina aralashmasi (massasi 150 kg gacha, aralash-tirish vaqti 40 minutgacha) varaqlar shaklida kesiladi. Yopiq rezina aralashtirgich uskunasi (138- rasm) katta unumdorlikka ega.

Uning kamerasida (bo'lmasida) (1) bir-b'riga qarab turli tezliklarda bo'rtmasi bo'lgan ikkita po'latdan yasalgan rotor (mashinalarning qobiqlari ichida joylashgan aylanuvchi qismi) (2) aylanadi, rotorlar oralig'idagi tirqishga aralashma surtiladi (aralashma massasi 200 kg gacha). Kamera yuqorisidagi zatvor (ochib-yopuvchi mexanizm, qulf) (3) bilan mahkam yopiladi va suv bilan sovitiladi.



138-rasm. Yopiq rezina aralashtirgich:

1 — aralashtirgichning bo'lmasi (kamerasi); 2 — rotor (apparat ichida aylanuvchi qism); 3 — yuqori zatvor (ochib-yopuvchi mexanizm, tamba); 4 — orshen; 5 — bo'lma korpusi; 6 — pastki zatvor; 7 — chiqib ketuvchi suv ko'ylagi (g'ilof).



137-rasm. Yoyuvchi, juvalovchi (vals) asbobning ishlash sxemasi:

1 — orqa juvalagich (yoygich); 2 — oldingi juvalagich (aylanish tezligi orqa juvalagichdan 8—20 % kam).

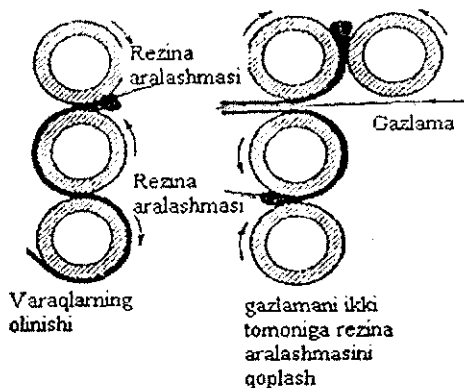
Aralashtirish 5—10 minut davom etadi. Bunda harorat 100—120° C gacha ko'tariladi, vaqtdan ilgari vulkanlanmasligi uchun oltingugurt aralashtirish tugashiga 0,5 minut qolganda kiritiladi. Ostki zatvor (6) chetga surilib, aralashma to'kib olinadi.

### Rezina aralashmasidan rezina buyumlar tayyorlash

Ko'pgina rezina buyumlar rezina aralashmasidan tayyorlangan varaqlar yoki bukilgan uzun tilim-tilim bo'laklardan kalandrlarda (139-rasm) shakl berish orqali olinadi. U uchta bir-birining ostiga joylashtirilgan, uzunligi 3 metrgacha va diametri to 1 m gacha bo'lgan ichi bo'shliqdan iborat cho'yan valikdan (g'ildirakdan) iborat

uskuna bo'lib, oralig'idagi tirqish kengligini to'g'rilab (kichraytirib-kattalashtirib) turish mumkin.

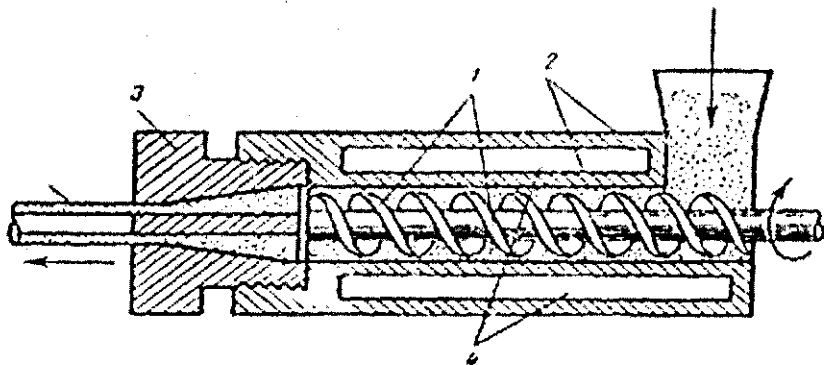
Valiklar ichkarisidan bug' bilan qizdirilishi yoki suv bilan sovitilishi tufayli kerakli haroratni saqlab turish mumkin. Kalandrning valiklari orqali valsardan taxminiy qizdirilgan aralashma o'tkaziladi va hosil bo'lgan lenta varaqlar shaklida kesiladi. Kalandrda yana gazlamalarga rezina aralashmasi surtiladi, qoplanadi. Bundaylar, trasportyor tasmalari, shinalarning karkaslari



139-rasm. Kalandrlarning varaqlar hosil qilishda va qoplashda (o'rab olishda) ishlash sxemasi.

va boshqalarda foydalaniladi. Chuvalchangsimon press uskunalarida (shpris-mashina) (140-rasm) shakl berish orqali protektorlar-qoplama (shinani yeyiladigan ustki qavati), shinalar, kameralar, rezina qo'lqoplar, shlanglar, quvurlar, shnurlar va boshqalar tayyorlanadi.

Qizdirilgan aralashma silindrdan (2) chiqqach, chervyak (1) bilan siqiladi va bosh qismining (3) turli shakldagi teshigi orqali tayyor buyum shaklida chiqadi.



140-rasm. Chuvalchangsimon press: 1 — chuvalchangsimon porshen; 2 — silindr; 3 — almashtiriladigan qism; 4 — sovitish va isitish uchun ko'ylak (g'ilof).

## Kimyoviy atamalarning qisqacha izohli lug'ati

### A

**Absorbat** — absorbsiya jarayonida absorbent tomonidan yutiladigan (shimiladigan) sistema komponenti.

**Absorbent** — absorbsiya jarayonida absorbat tomonidan yutiladigan suyuq faza.

**Absorben** — absorbsiya jarayoni amalga oshiriladigan qurilmaning asosiy apparati.

**Adsorbktiv** — adsorbentga yutiladigan moddalar. Masalan, ko'mir sirtiga yutiladigan ammiak va boshqalar adsorbktivlar hisoblanadi.

**Absorbsiya** — (singish, yutilish) — moddaning qattiq jismning ichki qismiga yoki uning butun hajmi bo'ylab yutilishidir.

**Aglomeratsiya** — mayda materiallar ko'pincha, ruda shixtalari (ruda bo'lakchalari) va konsentratsiyalar, kukunsimon rudalar, koloshnik changlari)ning metallurgik xossalarni yaxshilash uchun ularni yiriklashtirishning termik usuli, odatda, material ichidagi mayda yoqilg'ini undan uzluksiz havo sizdirib chiqarib yondirish hisobiga amalga oshiriladi; ko'pincha aglomeratsiyaviy shixtaga flyus (ohaktosh) qo'shiladi. Aglomeratsiyada yiriklashish, asosan, soviganda alohida donachalarni yiriklashtirib bog'lovchi oson eruvchi suyuq kimyoviy birikmalarning hosil bo'lishi natijasida sodir bo'ladi. Aglomeratsiya mahsuloti — aglomerat qora va rangli metallurgiyaning asosiy xomashyosi hisoblanadi.

**Agregat** — 1. Bir necha strukturaviy yoki texnologik birlikka ega bo'lgan qurilma. 2. Bir necha molekula yoki ionlardan tashkil topgan qurilma.

**Alit** — portlandsement klinkerining asosiy tarkibiy qismi bo'lgan silikat mineraldir. Ularning tarkibi  $3Ca \cdot SiO_2$  dan iborat (qisqacha C3S bilan belgilanadi). Portlandsementning ko'pchilik xossalari shu mineral miqdoriga bog'liq bo'ladi.

**Alumosilikatlar** — tarkibida aluminiy oksid ham bo'lgan silikatlardir. Dala shpati, kaolinit va slyuda alumosilikatlar hisoblanadi. Tabiatda alumosilikatlar, silikatlar, masalan, dala shpati, eng ko'p tarqalgan. Turli xil silikatlarining aralashmalari ham ko'p uchraydi. Masalan, tog' jinslari — grantlar va gneytslar, kvars, dala shpati hamda slyudadan tarkib topgan.

**Amalgamalar** — har xil metallarning simobda erib hosil qilgan suyuq yoki qattiq qotishmalari. Ishqoriy va ishqoriy-yer metallari va ayrim boshqa elementlar simob bilan barqaror birikmalar hosil qiladi. Mis, kumush, oltin va boshqa metallarning amalgamalari qizdirilsa, ulardan simob haydalib, ajralib chiqadi. Temir simob bilan amalgama hosil qilmaydi, shuning uchun simob metali po'lat idishlarda tashiladi. Ishqoriy metallar va rux amalgamalari kimyoda qaytaruvchi sifatida ishlatiladi.

**Amorf moddalar** — erituvchi sifatida suyuq ammiak ishlatadigan solvolizdir. Erituvchi sifatida suv ishiatilsa gidroliz hisoblanadi.

Amorf moddalar — kristall shakliga ega bo'lmagan moddalardir. Amorf moddalar, masalan, smola, shisha va boshqalar shinganida bo'laklarning sirti past-baland bo'ladi va hamma yo'nalishda sinadi, sinish yo'llari tekis bo'lmasdan kirdi-chiqdi bo'ladi. Amorf moddalarning xossalari ularning hamma tomonida bir xil bo'ladi. Amorf moddalar izotopdir. Amorf modda aniq bir haroratda suyuqlanmaydi, u qizdirilganda asta-sekin yumshaydi va qattiq holatdan suyuq holatda uzluksiz o'tadi.

**Analiz (tahlil)** — (yunonchada analisis — parchalanish demakdir) — moddalarning sifat va miqdoriy tarkibini aniqlash uslublarining majmuidir. Ishlab chiqarishni nazorat qilishda texnik analiz muhim ahamiyatga ega.

**Kontakt apparati** — geterogen katalitik jarayonlarini o'tkazish uchun qo'llaniladigan reaktor.

**Aralashtirish** — alohida qismlarini mexanik aralashtirish hisobiga sistema xossalarini tenglashtirish.

**Avtomat** — (yunon. automatos — o'zi harakatlanuvchi) 1. Energiya, materiallar va axborotlarni olish, o'zgartirish, uzatish va taqsimlash (foydalanish) jarayonlaridagi barcha operatsiyalarini berilgan dastur bo'yicha odamning ishtirokisiz bajaradigan qurilma (yoki qurilmalar majmui). 2. Kibernetikada — texnik yoki biologik sistemaning abstrakt modeli; oxirgi avtomatlar (diskret axborotni o'zlashtiradigan va oxirgi turg'un xotira hajmiga ega bo'lgan ma'lum sistemaning matematik modeliga tegishli kibernetik tushuncha), ko'proq o'rganilgan. 3. Individual o't o'chirish quroli (pistolet — pulemyot).

## B

**Baraban** — Oqlovchi baraban — detallar yoki buyumlar yuzasini ularga abraziv materiallar qo'shib aylantirish yo'li bilan tozalaydigan qurilma.

**So'ndirish barabani** — ohakni so'ndirish va ohak suti hosil qilish uchun qo'llaniladigan apparat.

**Quritish barabani** — qaynoq gazlar bilan mineral xomashyoni quritish uchun ishlatiladigan aylanuvchi baraban.

**Barbotaj** — barbotirlashga qarang.

**Batareya** — (frans. Battre — urmoq) — birgalikda ishlash uchun ma'lum sistemada birlashtirilgan bir xil asboblardan, inshootlardan, yoki qurilmalardan. Masalan, koks olish uchun toshko'mirni quruq haydaydigan pechlar qatori — koks batareyasi; ichida sovituvchi agent bug'lanadigan yoki sovitish eritmasi oqadigan qirrali yoxud tekis turbalar — sovituvchi batareya. Batareyalarning samaradorligini tashkil qiluvchi elementlar soniga proporsional bo'ladi.

**Elektr batareya** — bir element berishi mumkin bo'lmagan elektr

kuchlanishi yoki elektr miqdori (Amper soatdagi "sig'im" — keng tarqalgan atama) olish uchun elektr va konstruktiv birlashtirilgan bir xil turdagi kimyoviy elektr oqimi manbalari guruhi. Ketma-ket ulanganda alohida manbalarning EYKlari, parallel ulanganda esa ularning sig'implari qo'shiladi. Aralash ulanganda batareyaning elektr kuchlanishi va sig'imi oshadi.

**Bessemer jarayoni** — (ingliz ixtirochisi G. Bessemer nomidan) cho'yanni bessemerlash — po'lat eritish jarayoni, konverter jarayonining bir turi. Bessemer jarayoni kislotasiz asosidagi o'tga chidamli g'ishtdan terilgan konverterda sovuq cho'yanda pastdan havo yuborib amalga oshiriladi. Berilgan havodagi kislorod ta'sirida cho'yan tarkibidagi aralashmalar (kremniy, marganets, uglerod) oksidlanadi va undan issiqlik ajraladi. Bessemer jarayoni harorati havo sarfini o'zgartirish yoki konverterga qo'shimcha metall solish yo'li bilan rostlanadi. Kislorod-konverter jarayoni taraqqiy etishi bilan Bessemer jarayoni amaliy ahamiyatini yo'qotdi.

**Bug'lanish** — moddalarning sovuq holatdan gaz holatiga o'tishi.

**Bug'latib sovitish** — sanoat pechlari (domna, marten va b. pechlar) ning konstruktiv elementlarini sovitish usuli; pech sovitgichlarning berk sistemalarida aylanadigan suvning bug'lanish issiqligidan foydalanishga asoslangan. Trubani quyqa hosil bo'lish va uni zanglashdan saqlash uchun kimyoviy tozalangan suv ishlatiladi.

**Burg'ilash** — burg' quduqlarni parmalash. Burg'ilashning kolonkali, tebranma, rotorli, zarbali, shnekli, namuna (kern) olib va olmasdan burg'ilash hamda boshqa turlari mavjud.

## D

**Deformatsiya** (lot. *deformatio* — o'zgarish) — jism shaklining biror kuch ta'sirida o'zgarishi, bunda jism zarralarining nisbiy holati o'zgarishiga olib keluvchi tashqi kuchlar — isitish, sovitish, namlik va b. omillar ta'sirida jism (yoki jism qismlari) ning shakli yoki o'lchamlari o'zgarishi. Qattiq jismlarda elastik deformatsiya (deformatsiyani vujudga keltirgan ta'sir bartaraf qilingandan keyin yo'qoladigan), plastik deformatsiya uchun Guk qonuni o'rinli. Cho'zilish; siqilish, siljish, burilish, egilish — deformatsiyaning eng oddiy turlari.

**Yuqori elastik deformatsiya** — polimerlar va ulardan yasalgan buyumlardagi qaytar deformatsiya bo'lib, bunda ularning hajmi deyarli o'zgarmasdan, o'lchami va shakli o'zgaradi.

**Plastik deformatsiya** — qaytmas deformatsiya bo'lib, makromolekulalarning qaytmas joy almashinuvi.

**Qaytar deformatsiya** — yuk yuki og'irlik olinishi bilan jism o'zining dastlabki shaklini qayta tiklashi bilan bog'liq bo'lgan deformatsiya.

**Dinas** — [Ulsdagi (Buyuk Britaniya Dinas qoyasi (Graig — u Dinis)

nomi bilan atalgan] — 93% dan kam bo'lmagan qumtuproq tutgan, o'tga chidamli material. O'tga chidamliligi 1680 — 1730° C. Sanoat (masalan, koksli, shisha eritadigan, kislota xarakterli metallarni eritadigan metallurgiya) pechlarini qurishda ishlatadi.

**Diod** — (yunon. Di... [ikki martalikni bildiruvchi old qo'shimcha va (elektr) od] — bir tomonlama elektr o'tkazuvchanlik xossasiga ega bo'lgan ikki elektrodli asbob. Elektrvakuumli, yarim o'tkazgichli diod, gazotron xillari bor. Radiotexnika, elektronika, enetgetika va texnikaning boshqa sohalarida asosan, o'zgaruvchan tokni to'g'rilash, detektrlash, chastotani qayta o'zgartirish, elektr zanjirlarni almashlab ulashda ishlatiladi.

**Dispreslik** — (lotinchadan dispersere — tarqalish, yo'nalish demakdir.) — dispers sistemalardagi zarrachalar o'lchamlarining xarakteristikasidir. Dispers sistemalardagi dispers faza zarrachalarining solishtirma yuzasi, ya'ni zarrachalarning hajm birligiga nisbatan umumiy yuzasi.

**Ditizon** — (didifenildiokarbazon) — ko'k-qora rangli suvda erimaydigan, xloroform va uglerod to'rt xloridda yaxshi eriydigan kristallar bo'lib, ko'pchilik kationlar bilan ichki kompleks ranglangan birikmalar hosil qiladi. Ditizon Bi, Cd, Hg, Zn, Cu, Co, Pb, Jn va boshqalarni ajratish va aniqlashda ishlatiladi. Ditizon kationlarga nisbatan yuqori sezuvchanlikka ega.

**Dolomit** —  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$  tuproqlar va ohaktoshlar tarkibida uchraydigan mineraldir. Metallurgiya sanoatida o'ta chidamli materiallar va flyus uchun xomashyodir. Ohak, magniy tuzlari va magniy metalli olishda, tuproqning meliorativ holatini yaxshilashda (dolomit uni) ishlatiladi.

**Domna gazi** (koloshnik gazi) — domna pechlaridan chiqib ketuvchi gaz; asosan, uglerodning to'la yonmasligidan hosil bo'ladi. Toshko'mir koksida cho'yan eritilganda chiqadigan domna gazining kimyoviy tarkibi quyidagicha: uglerod dioksidi 12—20 %, metan 0,5 % gacha, vodorod 1—8 %, azot 50—58 %. Kislorodga boyitilgan havo berilganda gazdagi azotning miqdori kamayadi; boshqa komponentlarning konsentratsiyasi mos holda oshadi. Domna gazidan metallurgiya zavodlarida yoqilg'i sifatida foydalaniladi.

**Domna pechi** — cho'yan suyuqlantirib olinadigan maxsus o'choq (pech). Bu hajmi 5000 m<sup>3</sup> va balandligi 80 metrgacha bo'lgan, ichki tomoniga o'tga chidamli g'isht qoplangan va tashqi po'lat g'ilofi (mustahkam bo'lishi uchun) bor murakkab inshootdir. Domnaning yuqori yarim qismi shaxta, yuqorigi teshigi koloshnik, eng keng qismi — raspar, pastki qismi — gorn deyiladi. Boshlang'ich materiallar: shixta — tarkibida temir oksidi, shuningdek, koks, flyuslar (suyuqlantirgichlar) bor ruda. Koks issiqlik manba va qaytaruvchi bo'lib xizmat qiladi, shuningdek undan

qaytaruvchi uglerod monooksid (CO) olish uchun foydalaniladi. Flyuslar bekorchi moddalar bilan birikib suyuqlanadi va shlaklar holida ajraladi.

**Domna jarayoni** — domna pechida tarkibida temir bo'lgan materiallardan cho'yan eritib olish. Domnada eritish jarayonida unga yuqorida solinadigan xomashyo (shixtalar) — temir rudalari, aglomerat yoki ohaktoshlar, flyuslar va yoqilg'i (koks) dan iborat pastga tushib boruvchi oqim bilan pech gornida hosil bo'ladigan, yuqoriga ko'tariladigan gazlar oqimi bir-biriga ro'para harakatlanadi. Bu oqimlarning o'zaro ta'siri natijasida ruda tarkibidagi temir oksidlari reaksiya zonasida koks yonganda hosil bo'luvchi va oksidlardan kislorodni tortib oluvchi koks uglerodi va uglerod monooksidi yordamida qaytariladi; hosil qilingan temir koks bilan o'zaro ta'sirlashib, karbonatlanadi va cho'yan hosil qiladi; u sovuq holda domna pechi gorniga oqib tushadi. Ergan bekorchi ruda jinsi, koks kuli va flyuslar zichliklarning har xil bo'lishi hisobiga cho'yan qatlami ustida suzib yuradigan shlak (toshqol) hosil qiladi; cho'yan va shlak domna pechidan mos teshiklar orqali alohida-alohida chiqariladi.

## E

**Ekstinksiya** — yorug'lik yutuvchi qavatdan yorug'lik oqimi intensivligini va o'tishdan keyingi nisbatini o'nlik logarifmi.

**Ekstraktor** — gazli yoki suyuqlikli ekstraksiya yoki ekstragirlash uchun apparat.

**Tebranma ekstraktor** — suyuqlikli ekstraksiya uchun qarama-qarshi oqimli kollona tipidagi ekstraktor bo'lib, unda fazaning disperslanishi tebranma harakat natijasida amalga oshadi.

**Gravitatsion ekstraktor** — suyuqlikli ekstraksiya uchun kolonna tipidagi ekstraktor bo'lib, unda fazaning qarama-qarshi oqimli harakati ular zichligining har xilligi ta'sirida amalga oshadi.

**Changlatuvchi ekstraktor** — gravitatsion ekstraktordir, kolonna tipida bo'lib, fazalarning biri uning ustki yoki pastki qismida disperslanadi.

**Rotorli ekstraktor** — suyuqlikli ekstraksiya uchun qarama-qarshi oqimli ekstraktor bo'lib, seksiyali kolonna ko'rinishida tayyorlangan bo'ladi, uning ichida aralashirilgach ulangan aylanuvchi val joylashtirilgandir, uning yordamida fazaning disperslanishi amalga oshiriladi.

**Elakli ekstraktor** — elaksimom tarelkalardan iborat gravitatsion ekstraktor.

**Qaynovchi qavatli ekstraktor** — qattiq faza zarrachalarini havo purkab «qaynatib» ekstragirlash uchun ekstraktor.

**Markazdan qochish ekstraktori** — suyuqlikli ekstraksiya uchun ekstraktor bo'lib, unda fazalarning aralashishi markazdan qochish kuchlari ta'sirida amalga oshadi.



**Shnekli ekstraktor** — ekstragirlash uchun ekstraktor bo'lib, unda maydalangan qattiq faza shnek yordamida harakatlanadi.

**Ekstraksiya** (lotin. ekstrakho — ajrataman demakdir) — 1. Moddalarni bir suyuqlikdan yoki qattiq moddalardan boshqa erituvchi (ekstragent) yordamida ajratib olishdir. Masalan, benzol (ekstragent) yordamida chigitdan yog' ajratib olinadi. Ekstraksiya bir necha bosqichda, parsial ekstraksiya yo'li bilan olib boriladi. Ekstraksiya bundan tashqari — aralashma komponentlarining har xil eruvchilarda turlicha erishiga asoslangan. Ekstraksiyalash kimyo, neftni qayta ishlash, oziq-ovqat, metallurgiya, farmatsevtika sanoatlarida keng ishlatiladi, masalan, analitik kimyoda xossalari jihatidan o'zaro o'xshash elementlarni (nikel va kobalt, sirkoniy va gofniy hamda boshqalarni) bir-biridan ajratishda ham qo'llaniladi. 2. Qattiq yoki suyuq aralashmani ajratish usuli; bunda ularga komponentlari bir xilda erimaydigan har xil erituvchilar bilan ishlov beriladi. Odatda, ekstraksiya diffuzion apparatlar (ekstraktorlar) yordamida suvli eritmalarda bajariladi. Ekstraksiyaga teskari jarayon — reekstraksiyalash. Ekstraksiyadan keyin fazalarga ajratish uchun tindiriladi, sentrafugalanadi, kristallanadi va b. **Gidrometallurgiyada**, farmatsevtika preparatlarini, oziq-ovqat va kimyoviy mahsulotlarni olishda ishlatiladi.

**Gazli ekstraksiya** — suyuq holdagi gazlardan iborat ekstragent bo'lib, uning yordamida ekstraksiya amalga oshiriladi.

**Suyuqlikli ekstraksiya** — bittasi ekstragent tutgan bir-birida aralashmaydigan suyuq fazalar orasida komponentlarning taqsimlanishiga asoslangan ekstraksiyadir.

**Elektr bilan po'lat eritish jarayoni** — po'latlarni elektr pechlarda eritish. Po'latlarni elektr yoy pechida eritish keng tarqalgan, chunki unda eritiladigan massasi o'nlab kg dan 360 t gacha bo'lgan sortamentli (oddiyan yuqori sifatligacha) po'lat olish mumkin. Bunday pechlardagi eritish jarayonlar quyidagilarga bo'linadi: pech futerovka qilinadigan o'tga chidamli materiallarning kimyoviy tarkibiga va ishlatiladigan shlakka ko'ra asosli va kislotali; yuklanayotgan materiallarning fizik holatiga ko'ra qattiq materialli (temir-tersak) va suyuq materialli (suyuq po'lat, cho'yan) jarayonlarga; jarayonning tavsifiga ko'ra shlak bilan birgalikda qayta eritishga (bundan materiallar eritiladi va biroz tozalanadi), po'latni eritib oksidlab eritish, ya'ni suyuq po'lat qaynatishga (bunda gazlar hamda keraksiz aralashmalar chiqib ketadi) bo'linadi. Po'lat olishning bunday jarayoni boshqalardan ancha afzal.

**Vodorodli elektrod** — birlamchi gazli elektrod bo'lib, platinaning inert yuzasida vodorod atomlari va kationlar orasida elektrkimyoviy muvozanat o'rnatilgan bo'ladi.

**Gazli elektrod** — elektrod yuzasidagi reaksiya ishtirokchilaridan biri gaz boʻlgan elektroddir.

**Standart vodorod elektrod** — vodorod ionlari aktivligi 1 ga teng va gazsimon vodorod bosimi  $1,013 \cdot 10^5$  Pa ga teng boʻlgan vodorod elektrod boʻlib, bunday elektrodning potentsiali har qanday haroratda shartli ravishda nolga teng deb qabul qilingan.

**Fermentli elektrod** — reaksiya ishtirokchilaridan biri ferment boʻlgan elektroddir.

**Elektrod** — fazalarning bir-biriga tegib turgan yuzasi, yaʼni elektrning kirib-chiqadigan joyidir. Metall (birinchi xil oʻtkazgich) elektrolit eritmasiga (ikkinchi xil oʻtkazgich) tushirilgan joyiga elektr oqimi metalldan eritmaga va, aksincha, eritmadan metallga oʻtadi. Shu yuza va metalldan elektrod deb ataladi.

**Ikkinchi turdagi elektrodlar** — elektrod yuzasida elektrokimyoviy muvozanatni belgilashda qatnashuvchi anionlar aktivligini aniqlash potentsialiga ega boʻlgan elektrodlar.

**Indikatorli elektrodlar** — elektrokimyoviy reaksiyani kechishida oʻzgaradigan, sistema potentsialini oʻlchash uchun solishtirish maqsadida qoʻllaniladigan elektrod bilan juft holda ishlaydigan elektroddir.

**Birinchi turdagi elektrodlar** — elektrod yuzasidagi elektrokimyoviy muvozanatni belgilashda qatnashuvchi kationlar aktivligini aniqlash potentsialiga ega boʻlgan elektroddir.

**Solishtirma elektrod** — potentsiali barqaror va qayta ishlaydigan, unda kechadigan elektrokimyoviy reaksiyalar yuqori qaytar elektrodlar boʻlib, elektrokimyoda elektrod potentsiallarni oʻlchash uchun ishlatiladi.

**Standart elektrodlar** — standart elektrod potentsiallariga potentsiallari teng boʻlgan elektrodlardir.

**Uchinchi turdagi elektrodlar** — koʻproq eruvchi tuz bilan umumiy kationga ega boʻlgan, elektrolit eritmasida joylashgan, ikkita eruvchan tuz bilan kontaktida boʻlgan metallardan tashkil topgan elektrodlardir.

**Elektrod potentsial** — tekshirilayotgan elektrodlar bilan standart vodorod elektroddan tuzilgan galvanik elementning (elektrokimyoviy zanjirning) elektr yurituvchi kuchli elektrod potentsiali deyiladi. Elektrod potentsiali oksidlanish-qaytarilish potentsiali ham deyiladi. Elektrod potentsiallarini  $E$  va standart elektrod potentsiallarini  $E^0$  bilan belgilashda belgilar yoniga shu potentsial qaysi sistemaga taalluqliligini koʻrsatuvchi indeks qoʻyish qabul qilingan. Masalan,  $2H + 2e \rightarrow H_2$  sistemaning standart elektrod potentsiali  $E^0_{Li}/Li$  va hokazo (oksidlanish-qaytarilish potentsialiga qarang).

**Elektroliz** (elektro... va yunon... lyusis — erish, parchalanish ajralish) — elektrolitning suyuqlanmasi yoki eritmasi orqali elektr oqimi oʻtganida

elektrolitlarda sodir bo'ladigan oksidlanish-qaytarilish jarayonidir. Elektrolizning mohiyati elektr energiya hisobiga kimyoviy reaksiyalarning — katodda qaytarish va anodda oksidlanish reaksiyalarini amalga oshishidan iborat. Masalan,  $\text{CuCl}_2$  eritmasi elektroliz qilinsa, katodda  $\text{Cu}^{2+} + 2e^- = \text{Cu}$   $2\text{Cl}^- - 2e^- = \text{Cl}_2$  oksidlanish sodir bo'ladi.

**Elektrolizyor** — elektroliz o'tkazish uchun qo'llaniladigan apparat.

**Elektrometallurgiya** — metallarni elektroliz yordamida olish usuli bo'lib, bu usul bilan asosan yengil metallar — aluminiy, natriy va boshqalar, suyuqlantirilgan oksidlaridan yoki xloridlaridan olinadi. Elektrolizdan ba'zi metallarni tozalash uchun ham foydalaniladi.

**Veston elementi** — galvanik element bo'lib, uning elektr yurituvchi kuchi kichik harorat koeffitsientiga va vaqt bo'yicha katta barqarorlikka egaligi bilan farq qiladi, galvanik elementlarni elektr yurituvchi kuchini o'lchashda etalonli kuchlanish manbasi sifatida ishlatiladi.

**Galvanik element** — 1. To'qnashuvchi (kontaktlovchi) fazalar to'plami bo'lib, ulardan biri ion o'tkazuvchi, boshqasi esa elektron o'tkazuvchi bo'ladi va ularning chegara sirtida potentsiallar farqi hosil bo'lib, ochiq zanjir uchida elektr yurituvchi kuch paydo bo'lishiga olib keladi. 2. Elektr oqimining kimyoviy manbasi bo'lib, bitta galvanik yacheykadan tashkil topgan bo'ladi.

**Emallar** — noorganikaviy shishasimon qoplama bo'lib, buyum yuzasiga yupqa qavatda suriladi. Kuydirish yo'li bilan metall buyum yuzasiga (korroziyadan saqlash va boshqa maqsadlarda) mustahkam shishasimon qoplama yugurtirishga qaynoq emallash deyiladi. Deyarli hamma emallarning asosiy komponentlari  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$ , ishqoriy va ishqoriy — yer metallarining oksidlari,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ , qo'rg'oshin, rux oksidlari va boshqalardan iborat bo'ladi.

**Emallash** — metall, keramika va shisha buyumlarini korroziya, timalish, yuqori harorat va b. dan himoya qilish, shuningdek chiroy berish uchun ularga emal qoplashning elektr-kimyoviy jarayoni. Bunda emal buyum sirtiga beriladi va u o'tda qizdirib mustahkamlanadi.

**Emission spektral analiz** — tekshiriluvchi modda bug'larining emission spektrlarini (nur taratish yoki nurlanish spektrlarini) o'rganishga asoslangan fizikaviy usuldir. Bu nurlar kuchli qo'zg'atuvchi manbalar (elektr yoyi, yuqori voltli uchqun) ta'sirida bo'ladi. Bu usul moddaning element tarkibini — ayni modda tarkibiga qanday elementlar kirganligini aniqlashga imkon beradi. Spektrda hosil bo'lgan chiziqlarning intensivligi, o'lchab tekshirilayotgan modda tarkibiga kiruvchi elementlar miqdori aniqlanadi. Aniqlanayotgan modda konsentratsiyasi qancha katta bo'lsa, spektral chiziqlarning intensivligi shuncha kuchli bo'ladi. Spektral analiz uslubining

kimyoviy analiz uslublaridan afzalligi shundaki, bu analizning sezgirlik darajasi yuqori, bu analiz yordamida juda qisqa vaqt ichida tekshirilayotgan modda tarkibi haqida ma'lumot olish uchun juda kam miqdorda modda sarflanadi.

**Emission spektr yoki nurlanish** — bu biror jismdan tashqi ta'sir natijasida chiqayotgan yorug'likning tarkibiy qismlariga ajralishidan hosil bo'ladigan optik spektrlardir. Har qaysi element atomining o'ziga xos optik spektri bo'lib, bu spektr ma'lum to'liqin uzunliklarga muvofiq keladigan chiziqlar guruhlaridan iborat.

**Emulgatorlar** — emulsiyalarni barqaror qila oladigan sirt-aktiv moddalar bo'lib, ular qatoriga organikaviy kislotalar, sovun, aminlar va boshqa birikmalar kiradi. Bu moddalar emulsiyani barqaror qilishiga sabab shuki, ular fazalararo sirt taranglikni kamaytiradi.

**Emulsiyalar** (lot. Emulgeo — sog'aman, sog'ib olaman; dastlab emulsiya sutda o'rganilgan) — bir-biri bilan aralashmaydigan ikki suyuqlikdan iborat suyuq mikroheterogen dispers sistemadir. Demak, emulsiya hosil bo'lishi uchun suyuqliklar bir-birida juda oz erishi kerak, masalan, emulsiya hosil qiluvchi suyuqliklardan biri sifatida suv olinsa, suvda oz eriydigan suyuqlik shartli ravishda «moy» deb ataladi. Agar «moy» tomchilari suv ichiga tarqalgan bo'lsa m/s bilan, aksincha suv tomchilari «moy» ichida tarqalgan bo'lsa s/m bilan belgilanadi. Konsentrlangan (50 % atrofida) barqaror emulsiyalar hosil qilish uchun sistemaga suyuqliklarning sirt tarangligini kamaytiradigan, suyuqliklar sirtida mustahkam parda hosil qilib, dispers faza tomchilarining bir-biri bilan yopishib ketishiga yo'l qo'ymaydigan uchinchi modda — emulgator qo'shish kerak (emulgatorga qarang). Sovun eng ko'p ishlatiladigan emulgator hisoblanadi. Boshqa dispers sistemalar singari emulsiyalar ham dispersiya va kondensatsiya usullari bilan olinadi. Emulsiyalar texnikada va turmushda juda katta ahamiyatga ega. Masalan, margarin ishlab chiqarishda emulsiya olish jarayonidan foydalaniladi.

**Emulsiya** — dispers muhiti va dispers fazasi ham suyuqlik bo'lgan dispers sistemadir. Emulsiyalarga qarang.

## F

**Fayans** (frans. faviense, Italiyaning fayans ishlab chiqarilgan Faens shahri nomidan) — mayda kovakli, oq nafis keramika bo'lib, yaltiroq oson suyuqlanuvchan glazur bilan qoplangan bo'ladi, undan oshxona idishlari, sanitariya buyumlari, dekorativ va boshqa buyumlar tayyorlashda qo'llaniladi.

**Filtr** (frans. filtre, lot. filtrum — aynan — kigiz) — qattiq va suyuq fazali har xil jinsli sistemani g'ovak to'siqlar (filtrlash to'siqhigi) dan o'tkazib tarkibiy qismlarga ajratadigan, quyultiradigan yoki tindiriladigan qurilma.

Filtr yordamida tarkibiy qismlarga ajratish jarayoni filtrlash deyiladi. Eritmalarni mineral tuzlardan tozalaydigan, polimer ionlari va b.ni ionitlar yordamida fraksiyalarga ajratadigan apparatlariga va ma'lum chastotadagi tovush yoki elektrmagnit to'liqlarini o'tqazib yuboradigan yoxud ishlab qoladigan qurilmalarga ham filtr deyiladi va b.

**Filtrlash** — suvda eriydigan va erimaydigan moddalardan hosil bo'lgan, bir jinsli bo'lmagan aralashmadan moddalarni ajratishdir. Osh tuzini ajratib olish uchun uning qum bilan aralashmasi suvga solib chayqatiladi. Osh tuzi erib ketadi, qum esa cho'kadi. Erimaydigan zarrachalarning eritmadan ajralishini tezlashtirish uchun aralashma filtrlanadi. Qum filtr qog'ozda qoladi, osh tuzining tiniq eritmasi esa filtrdan o'tib ketadi.

**Flegma** — 1. Komponentlarning ajralish darajasini oshirish maqsadida massa almashinuv apparatiga massa almashinuv mahsulotining oqimidir. 2. Rektifikasion kolonnaning yuqori tarelkasiga uni sug'orish uchun qaytadigan distillat qismi.

**Flyuslar** (suyuqlantiruvchilar) — metallar olishda, xomashyo rudasining suyuqlanish haroratini pasaytirish va metallni bekorchi jinslardan oson ajratish maqsadida qo'shiladigan noorganik moddalar.

**Gudron** (frans. goudron) — 1) moyli yoki qoldiq gudron — neftdan benzin, kerosin va moyli fraksiyalarning asosiy massalarini haydashdan qolgan qora smolasimon qovushoq massa. Gudron zichligi 950—1000 kg/m<sup>3</sup>. Gudron yo'l qurilishida ishlatiladigan bitumlar olishda va yopma hamda izolatsiya materiallari tayyorlashda xomashyo hisoblanadi. Moy fraksiyalari uncha to'la haydalmaganda qoladigan qoldiq yarim gudron deyiladi; 2) kislotali gudron-neft mahsulotlari (masalan, surkov moylari)ni konsentrlangan sulfat kislotaga bilan tozalashda chiqqan chiqindilar.

**Haydash** — suyuq aralashmalarni ajratish jarayoni va uslubi bo'lib, suyuqlik tarkibining undagi hosil b'ladigan bug' tarkibidan farqlanishiga asoslangan bo'ladi. Ajratiladigan suyuqlik aralashmasini qisman bug'lantirish yo'li bilan va keyin bug'ni kondensatlash yo'li bilan amalga oshiriladi (distillashga ham qarang):

*atmosfera*li haydash — past bosimdagi haydash;

*vakuu*mlil haydash — past bosimdagi haydash;

*pitrali* haydash — fraksiyaviy haydash;

*oddiy* haydash — bir karrali haydash;

*suv bug'i bilan* haydash — aralashmaning qaynash haroratini kamaytirish uchun unga qo'shimcha suv bug'i yuborib amalga oshiriladigan haydash;

*deflegmatsiya bilan* haydash — distillatni qisman deflegmatsiyalab boyitish orqali amalga oshiriladigan haydash;

*fraksiyaviy* haydash — distillatni fraksiyalab olinadigan oddiy haydash.

**Ionitlar** — o'z ionlarini tevarakdagi eritma ionlari bilan almashtira oladigan qattiq erimaydigan moddalardir. Bular, odatda, sintetik-organik smolalar bo'lib, kislotali va ishqoriy guruhlarga ega. Ionitlar kationitlar va anionitlarga bo'linadi. Kationitlar kationlarni, anionitlar esa anionlarni yutadi. Ionitlar suvni yumshatishda, analitik kimyoda moddalarni bir-biridan ajratishda (xromatografiyaga qarang), kimyoviy texnologiyada ko'plab ishlatiladi.

**Ion almashtirgichlar** — qattiq ionitlarda ion almashtirishni amalga oshirish uchun apparatlar.

## K

**Kataliz zaharlari** — bu ba'zi moddalarning qattiq katalizatorning faolligini kamaytirishi yoki butunlay yo'qotishidir. Misol tariqasida arsen (mishyak), simob, qo'rg'oshin birikmalarini, sianli birikmalarni keltirish mumkin, ular ayniqsa katalizatorlarga tez ta'sir etadi.

**Keramzit** — ko'piruvchi granulalarni kuydirib olinadigan yengil beton to'ldiruvchisi.

**Keramika** — maxsus tuproq va qo'shilmalar bilan ularning aralashmalari hamda metall oksidlari va boshqa qiyin suyuqlanuvchan birikmalarni pishirib olinadigan materiallar va buyumlar.

**Karbidli keramika** — qiyin suyuqlanuvchan kremniy, bor va boshqa elementlar karbidlari asosidagi kislorodsiz keramika.

**Kvarsli keramika** — kvars shishasi kukunini pishirib olinadigan keramika.

**Kizelgir** — mayda kovakli tabiiy material bo'lib, asosan qumtuproqdan tashkil topgan bo'ladi, laboratoriyada o'ta nafis filtrlash ishlarida, katalizator surishda qo'llaniladi.

**Koagulant** — kolloid yoki dispers sistemalarga qo'shilganda koagullanishni tug'diruvchi preparat.

**Koagulator** — koagulyatsiya o'tkazish uchun ishlatiladigan apparat.

**Kozeziya** (lotin. cohaesus — bog'langan, ilashgan demakdir) — bu ayni fazadagi modda zarrachalari (atom va molekulari) orasida o'zaro tortishish kuchlarining namoyon bo'lishidir. Kogeziya moddaning uzilishiga bo'lgan qarshiligini, ichki bosimi va hokazo xossalarini xarakterlaydi. Kogeziyani yengish uchun sarflanadigan energiya modda ko'ndalang kesim yuzining  $1 \text{ sm}^2$  ga to'g'ri keladigan ish miqdori bilan ifodalanadi. Van-der-Vaals kuchlariga qarang.

**Koks** (nem. Koks, ingl. coke) — turli yoqilg'ilarni havosiz joyda qizdirilganda hosil bo'ladigan qattiq qoldiqdir. Quyidagicha sanoat kokslari farqlanadi: toshko'mir koksi, u har xil ko'mirlarni  $900\text{--}1050^\circ \text{C}$  da koks o'choq(pech) larida qizdirib olinadi. U domna o'choqlarida cho'yan eritib

olishda yoqilg'i va qaytaruvchi sifatida ishlatiladi. Elektrod kokslari esa uglerodga boy bo'lib, undan inert ko'mir elektrodleri tayyorlanadi. Neft koksi esa neftni ikkilamchi qayta ishlash natijasida hosil bo'ladi.

**Koks gazi** — qazilma ko'mirlarni kokslashdagi gazsimon mahsulot. U metandan, vodoroddan, uglerod monooksiddan iborat bo'lib, unda yonmaydigan qo'shimchalar ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2$ ) ham bo'ladi. Koks gazi yuqori kaloriyali yoqilg'i sifatida qo'llaniladi. Koks gazining ammiaki ajratilib, qayta ishlanib, qimmatli azotli o'g'it — ammoniy sulfat olinadi.

**Kokslash** — toshko'mirni qayta ishlash sanoat uslubi bo'lib, buning uchun maxsus koks olish o'choqlarida toshko'mirni 900—1050°C haroratda havosiz muhitda qizdirib koks, koks gazi va toshko'mir smolasi olinadi. Koks gazi yoqilg'i bo'lib, undan benzol va b. aromatik uglevodorodlar hamda ammiak olinadi, smola esa ayrim qimmatbaho kimyoviy mahsulotlar (naftalin, fenol va b.) ajratib olishda xomashyo hisoblanadi.

**Kolchedanlar** — tarkibida oltingugurt, temir hamda mis, arsen (mishyak) va boshqa qo'shimchalar bo'lgan mineral bo'lib, ulardan ko'proq ahamiyatli oltingugurt yoki temir kolchedani  $\text{FeS}_2$  (pirit)dir, u oltingugurt olishda ( $\text{FeS}_2 = \text{FeS} + \text{S}$ ), sulfat kislota ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Arsen kolchedani (arsenopirit)  $\text{FeAsS}$  ham ma'lum, undan arsen olinadi, mis kolchedani  $\text{CuFeS}_2$ , flotatsiya kolchedani, mis rudalarini flotatsiya qilish natijasida hosil bo'ladi, ko'mir kolchedani (oltingugurtga boy ko'mirlarni boyitishda hosil bo'ladi) va boshqalar ma'lumdur.

**Kompressor** — havo yoki gazni 0,015 MPa dan kichik bo'lmagan ortiqcha bosimgacha siqadigan mashina. Tuzilishi bo'yicha hajmiy, kurakli, ishlash prinsipi oqimli nasosga o'xshash bo'lgan oqimli xillari bor.

**Konversiya** (lotin. *conversio* — aylanish, o'zgarish demakdir) — dastlabki gaz aralashmasining tarkibini o'zgartirish maqsadida gazlarni qayta ishlash jarayoni bo'lib, odatda, vodorod yoki uning CO bilan aralashmasini olish maqsadida gazsimon uglevodorodlar (metan va uning gomologlari) va CO konversiya qilinadi. Bu aralashmalar organik mahsulotlarni sintez qilish maqsadida va gaz-qaytaruvchilar sifatida metallurgiyada qo'llaniladi yoki toza vodorod olish uchun bu jarayon amalga oshiriladi. Ko'mir uyumlaridan ajraladigan gaz, metandan tarkib topgan bo'lib, unda uglerod dioksid, azot, oltingugurt, parafin va olefin qatoridagi gazlar ham uchraydi. Kon inshootlari havosida metan miqdori oshganda portlash xavfi kuchayadi.

**Konverter** (lot. *convertio* — o'zgartiraman, aylantiraman) — erigan cho'yanga havo yoki kislorod puflab po'lat olinadigan, shuningdek misli, nikelli va mis-nikelli shteynlar qayta ishlanadigan metallurgiya agregati.

Konverter nok yoki silindrsimon idishdan iborat. Konverterni tubidan, yonidan va ustidan kislorod (havo) beriladi. Po'lat olishda, asosan, kislorodli konverter ishlatiladi; ilgari bu maqsadda Bessemer va Tomas konverterlari ishlatilgan.

**Konverter jarayoni** — konverterda suyuq cho'yanga tarkibida kislorod bo'lgan gaz yoki texnik jihatdan toza kislorod puflab po'lat olish. Cho'yan tarkibidagi qo'shilmalar (uglerod, kremniy, marganets, fosfor)ning oksidlanishi natijasida metallni butun jarayon davomida suyuq holatda (boshqa manbalardan issiqlik olmay) tutib turish uchun yetarli miqdorda issiqlik ajraladi. Konverter jarayoni po'lat eritish sexlarida domna cho'yanini qayta ishlashda keng qo'llaniladi.

**Kondensat** (lot. condensatus — zichlangan, quyuqlashtirilgan) — 1) gaz yoki bug'ni kondensatlashda hosil bo'ladigan suyuqlik; 2) neft geologiyasida — gaz kondensatining yer sirtidagi sharoitda suyuqlikka aylangan qismi; ko'pincha, metan qatoridagi oson qaynovchi ( $300^{\circ}\text{C}$  gacha to'la qaynab chiqadigan) uglevodrodlardan iborat. Muhim motor yonilg'isi. 2) yerosti gazlarining separatsiyalangan (ajralib chiqqan) suyuq mahsuloti. Mo'tadil sharoitdagi qatlam gazining kondensati suyuq uglevodoroddan tarkib topadi. Faol vulkan zonalarida yuqori haroratli gaz oqimlaridagi kondensatning tarkibida suv ko'p bo'ladi. Uglevodorodli kondensatdan foydali qazilma sifatida foydalaniladi. Tarkibida ko'proq pentan va alkan, siklan, aren tarkibli nisbatan og'ir uglevodorodlar bo'ladi.

**Kondensator** (lot. condense — zichlayman, quyuqlashtiraman), issiqlik texnikasida — moddalarni gaz (bug') holatdan suyuq yoki kristall holatga o'tkazadigan issiqlik almashtirgich. Kimyo texnologiyasida, issiqlik va sovitish qurilmalarida ish moddalarini kondensatlash uchun, bug'latish qurilmalarida distilat olish uchun, bug' aralashmalarini ajratish va b. da foydalaniladi. Bug' berilgan bosimda bug'ning to'yinish haroratiga qaraganda ancha past haroratli devor (sirtqi kondensator) yoki suyuqlikka (kontakt kondensator) bevosita tegib kondensatsiyalanadi.

**Kondensatsiya** — moddalarning gaz holatidan suyuq va qattiq holatga o'tishidir. Shuning uchun moddaning suyuq va qattiq holati uning kondensatlangan holatlari deb ataladi. Masalan, havodagi suv bug'laridan yomg'ir tomchilari va qor kukunlarining hosil bo'lishi bunga misol bo'ladi.

**Korund A1203** — aluminij oksidning a-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ko'rinishi bo'lib, oq tusli kristall modda, romboedrik panjarada kristallanadi, uning qattiqligi Moos shkalasi bo'yicha 9 ga teng, suyuqlanish harorati  $2046^{\circ}\text{C}$  ga teng, u kimyoviy reagentlar ta'siriga nihoyatda chidamli modda. Xira korunddan jilvir, tigel, o'choq (pech)larning astarlari va o'tga chidamli buyumlar



tayyorlanadi. Tiniq korund (yoqut ko'rinishda) kuchli nur chiqaruvchi lazerlarning tarkibiy qismlari uchun ishlatiladi. Kuchli lazerdan chiqqan ignasimon yorug'lik dastasi bir necha million atmosferaga teng yorug'lik bosimini ko'rsatadi, bular yordamida qattiq tog' jinslarini teshish kabi ishlarni bajarish mumkin.

**Kristallar** (yunon. kryetallos — muz, tog' billuri demakdir) — kristall holatning asosiy tashqi belgilari — moddaning aniq muayyan haroratda suyuq holatga o'tishi va tashqi muayyan geometrik shaklga ega bo'lishidir. Undan tashqari, kristallning xossalari (masalan, issiq o'tkazuvchanligi) hamma yo'nalishda ham bir xil bo'lavermaydi. Kristall moddalarda zarrachalar ma'lum tartib bilan joylashgan bo'ladi va fazoviy kristall panjarani hosil qiladi. Fazoviy kristall panjaraning ko'p mar'ata takrorlanib, jismning butun hajmini hosil qiladigan qismi elementar yacheyka deyiladi. Kristall panjaralar zarrachalarning fazoda joylashish xarakteri va zarrachalar o'zaro ta'sir turiga qarab molekular, atomli, ionli va metall kristall panjaralarga bo'linadi. Molekular kristall panjarali moddalarda kristall panjara tugunlarida neytral molekular bo'ladi. Azot, vodorod, kislorod kabi gazlar past haroratda qattiq holatga o'tganida molekular kristall panjara hosil qiladi. Oson suyuqlanadigan ko'pchilik organik moddalar kristallari ham molekular panjarali bo'ladi. Ionli kristall panjara ionlardan tarkib topgan bo'ladi. Masalan, natriy xlorid (osh tuzi) kristall panjarasi bunga misol bo'ladi. Atomli kristall panjara hosil qilgan moddalarda panjara o'zaro puxta kovalent bog'lanish bilan bogiangan elektrneytral atomlardan tarkib topgan bo'ladi. Masalan, olmos, grafit, kremniy va boshqalarning kristall panjarasi atomli panjaradir. Metall kristall panjarada musbat ionlar tebranib turadi: musbat ionlar orasida erkin elektronlar barcha yo'nalishlarda harakatda bo'ladi. Metallarning elektr, issiqlik o'tkazuvchanligi, magnit xossalari va metallar uchun xos boshqa xususiyatlar ana shu erkin elektronlar tufaylidir.

**Kristallash** — erigan moddani eritmadan ajratish usullaridan biri bo'lib, bunda eritma suvi qisman bug'latilib ancha konsentrlangan eritma hosil qilinadi, bu eritma sovutilganda erigan modda kristallar holida ajralib chiqadi. Moddalarni tozalashning bu usuli kristallash deyiladi.

## L

**Lavsan**  $(-\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-)_n$  — poliefir toladan iborat. Lavsan o'z tarkibi jihatidan tereftal kislota va etilenglikolning murakkab efiridir. Bu murakkab efir polikondensatlanganida yuqori molekularli modda — lavsan hosil bo'ladi. Sanoatda lavsan hosil qilinish jarayoni birmuncha murakkab ravishda sodir bo'ladi. Lavsan tolalari junga qo'shilib, yuqori sifatli gazlama va trikotaj tayyorlanadi. Lavsan, shuningdek transportyor

lentalar, kamar, parda, parus va hokazolar ishlab chiqarishda ham ishlatiladi.

**Lateks** (lotin. latex — sharbat demakdir) — akril kislota polimerlarining suvdagi emulsiyasi bo‘lib, u texnikada, tibbiyotda qo‘llaniladi, sun‘iy charmlar, metall va yog‘och ustiga surtiladi, suv shimmasligi uchun bo‘yoqlarga qo‘shiladi.

**Legirlangan po‘latlar** — tarkibiga legirlovchi elementlar: xrom, nikel, molibden, vanadiy, volfram, marganes, mis, kremniy va boshqalar kiruvchi po‘latlardir. Legirlovchi elementlar po‘latga muayyan xossalar baxsh etish uchun qo‘shiladi. Masalan, tarkibida albatta bo‘ladigan qo‘shimchalar bilan birga xrom va nikel ham bo‘ladigan xrom-nikelli po‘latlarning mexanik xossalari yaxshi, korroziyaga chidamli, shuningdek issiqlikka chidamli bo‘ladi. Ulardan mashinalarning ko‘pchilik qismlari va uy-ro‘zg‘or buyumlari (zanglamaydigan qoshiq va boshqalar) yuqori harorat hamda bosimlarda puxta bo‘ladi. Ular quvurlar, aviamotorlar va kompressorlarning qismlar tayyorlashda ishlatiladi. Xrom-volframli po‘latlarni olish oson. Buning uchun suyuqlanish tugashidan oldin zaruriy metall va qotishmalar qo‘shish kerak. Lekin legirlangan po‘latlar odatda maxsus elektr pechlarda 3000° C dan yuqori haroratda suyuqlantirib olinadi. Bu elektrtermik usul bo‘lib, taqibida qiyin suyuqlanadigan metallar — molibden, volfram va boshqalar bor po‘latlar olish uchun qo‘llaniladi. Marten usuli bilan 85 % gacha po‘latlar ishlab chiqariladi. Bu usul bilan bir qatorda Bessemer va Tomas usullari ham qo‘llaniladi.

**Legirlash** (nem. legieren — eritmoq, lot. ligo — bog‘layman, biriktiraman) metall qotishmalar tarkibiga ularning tuzilishini o‘zgartirish, ularga muayyan fizikaviy, kimyoviy yoki mexanikaviy xossalar berish uchun legirlovchi elementlar kiritish. Legirlovchi qo‘shimchalar, odatda, erigan metallga qo‘shiladi. «Legirlash» iborasi qattiq jism (masalan, yarim o‘tkazgich atomlari)ga begona atomlarni kiritishda ham ishlatiladi, bu ish qattiq jism sirtini ionlar bilan bombardimon qilib amalga oshiriladi.

**Izovalentli legirlash** — yarim o‘tkazgichlarni legirlash bo‘lib, unda qo‘shiladigan qo‘shilma davriy sistemada shu yarimo‘tkazgich guruhiga taalluqli element bo‘lishi lozim.

**Legirlangan cho‘yan** — odatdagi komponentlardan tashqari cho‘yanga muayyan xossalar beradigan (masalan, uni yeyilmaydigan, issiqqa, korroziyaga, ishqalanib yemirilishga chidamli qiladigan) maxsus qo‘shimchalar (xrom, nikel, molibden, vanadiy, aluminiy, titan, mis, sirkoniy va b.) qo‘shilgan cho‘yan. Odatda, kimyoviy tarkibiga qarab sinflanadi (xromli, vanadiyli, nikelli va b.). Agar legirlovchi elementlar metallga rudadan o‘tgan bo‘lsa, bunday cho‘yan tabiiy legirlangan cho‘yan deb yuritiladi.

## M

**Magneziyalar** — magniy oksidning (magneziya kuyundisi ham deyiladi) eskirgan nomi, tibbiyotda kislotalik oshganda, zarda bo'lganda, kislotalar bilan zaharlanganda qo'llaniladi.

**Magnezit** — magniy karbonat  $MgCO_3$  minerali bo'lib, rangi oq, sarg'ishroq, kulrang bo'ladi, mo'rtidir. Magnezit sovuq kislotalarda sekin eriydi. U kimyo sanoatida, asosan o'tga chidamli va bog'lovchi materiallar ishlab chiqarish uchun ishlatiladi.

**Magnetit** (magnit temirtosh) —  $FeO \cdot Fe_2O_3$  tarkibli mineral bo'lib, qora rangga ega, kuchli magnit xossa namoyon qiladi. Muhim temir ruda (72,4% temirga ega) hisoblanadi.

**Marten jarayoni** — har xil tarkibli cho'yanlarni qayta ishlab po'latga aylantirish jarayoni bo'lib, bu jarayonni fransuz metallurgi P.Marten 1864-yilda taklif etgan. Konvertor usulidan farq qilib, bu usul marten o'chog'(pech)ida amalga oshiriladi. Pishirish uchun qizdirib olingan gazlar ishlatiladi. Bu usulning konvertor usulidan farqi shuki, jarayon vaqtida undan namuna olib analiz qilish mumkin, maxsus po'latlar olish uchun, u yoki bu komponentlardan qo'shish mumkin.

**Marten pechi** — cho'yanni qayta ishlab po'latga aylantiradigan pechlardir. Pechning suyuqlantirish vannasida cho'yan, shuningdek temir-tersak, toza ruda (ularning tarkibida kislorod bo'ladi) va ohak yonadi. Pechdagi harorat  $1800^{\circ}C$  ga yetadi. Shixta suyuqlanadi va cho'yandagi uglerod hamda qo'shimchalar pechda yonuvchi gazlar bilan kirayotgan havodagi kislorod, shuningdek, temir-tersak va rudadagi kislorod hisobiga oksidlanadi. Po'lat olishning marten usulida kislorod purkash jarayonini jadallashtiradi: pechlarning unumdorligi ortadi, yoqilg'i sarfi kamayadi, chiqadigan po'lat miqdori ko'payadi va uning sifati yaxshilanadi.

**Mergel** — gil-karbonat aralashmasidan iborat cho'kindi jins. Karbonat (kalsit, ba'zan dolomit) 50-75%, erimaydigan cho'kindi 25-50%. Karbonatli minerallar tarkibiga ko'ra mergel ohakli va dolomitli bo'ladi. Mergel ko'pincha neft va gaz uyumlari qopqog'i vazifasini o'taydi.

**Merserlash** — 1. Bo'kish, quyi molekullari fraksiyalarni eritish uchun sellulozaga natriy gidroksid eritmasi bilan ishlov berishdir. 2. Yaltiroqligini oshirish, bo'yalish xususiyatini yaxshilash maqsadida paxtali to'qimachilik materiallariga natriy gidroksid eritmasi bilan ishlov berishdir.

**Metan-nafteni neft** — tarkibida aromatik uglevodorodlari metan va naften uglevodorodlariga nisbatan kam bo'lgan neft. Bu neftda parafinning miqdori metan neftdagidan kam bo'ladi.

**Metanli neft** — metan qatoridagi uglevodorodlar ko'p neft. Kimyoviy tasnifga ko'ra, neftning distillat qismida (mo'tadil atmosfera bosimida

550° C haroratda ajraladigan qismi) 50 % gacha metan uglevodorodlari bo'lgan turi. Metanli neftda naften uglevodorodlari miqdori odatda 30 % dan kam, qattiq parafin 1,5—10,0 %, smola va asfaltenlar 5—6 % gacha.

**Metantenk** — organik chiqindilarni qayta ishlab biogazga aylantirish uchun reaktor.

**Mineral o'g'itlar** — o'simliklar oziqlanishi uchun kerak bo'ladigan elementlarga ega bo'lgan noorganik birikmalar. Masalan, fosforli, azotli, kaliyli va boshqa o'g'itlar shular jumlasidandir.

**Mufel** — o'tga chidamli materialdan yasalgan, qizdiriladigan yoki kuydiriladigan materiallarni joylashtiradigan, mufel pechning qizdirish elementlaridan ajratib turadigan kameradir.

**Neft** — to'yingan, to'yinmagan va halqali (siklik) uglevodorodlarning yig'indisidan iborat tabiiy modda bo'lib, u to'q jigarrang, yoqimsiz hidli, moysimon suyuqlik. U suvdan yengil (zichligi 0,73 dan 0,95 g/sm<sup>3</sup> gacha) bo'lib, suvda crimaydi, organik erituvchilarda eriydi. Neft kimyo sanoati uchun qimmatli xomashyo bo'lib, undan hozirgi vaqtda 3 mingdan ortiq har xil mahsulotlar olinadi. Neftni oldin gaz, suv, sulfidli birikmalar, kislotalar va har xil aralashmalardan tozalab, so'ngra odatdagi bosimda haydab uchta fraksiyaga ajratiladi: gazolin fraksiyasi, ligroin fraksiyasi, kerosinli fraksiya.

*Asfalt asosli neft* — eskirgan tasniflardagi atama bo'lib, barcha neftlar quyidagilarga bo'lingan: 1) asfalt asosli neftlar; 2) parafin asosli neftlar; 3) aralashma asosli neftlar. Asfalt asosli neftlarga tarkibida parafin kam bo'lgan, og'ir, smolali neftlarni, asosan naftenli-aromatik (xushbo'y) neftlarni kiritish mumkin.

*Parafin asosli neft* — parafin asosli neftga yengil, kam smolali neftlarni, ko'proq metanli yoki metan-naftenli parafinga boy neftlarni kiritish mumkin.

*Sintetik neft* — tabiiy bitum, yonuvchi slanets va ko'mirlarni kimyoviy qayta ishlashda olinadigan suyuq uglevodorodlar.

**Nutch-filtr** — davriy ishlaydigan filtr bo'lib, perforirlangan tubga ega kichik kameradan iborat, vakuum ostida yoki bosim ostida ishlaydi, kichik kamtonnajli ishlab chiqarishlarda qo'llaniladi.

## P

**Pechlar** — yoqilg'i yonishi (ba'zan, boshqa kimyoviy reaksiyalar) yoki elektr energiyani o'zgartirish natijasida issiqlik ajraladigan qurilma. Ajralgan issiqlikdan uylarni isitish, materiallarga issiqlik bilan ishlov berishda foydalaniladi. Pechlar issiqlik manbayiga ko'ra alangali (masalan, uslubiy) va elektr pechlarga bo'linadi. Ishlatilish sohasiga ko'ra xo'jalikda va sanoatda ishlatiladigan bo'ladi. Texnologik vazifasiga ko'ra pechlar quyidagi turlarga

bo'linishi mumkin: 1) materialdan namni kerkazadigan (masalan, quritish pechi); 2) qizdiradigan (masalan, qizdirish qudug'i, termik pech); 3) qattiq qizdiradigan; 4) eritadigan (masalan, marten pechi, shisha qaynatish pechi); 5) materiallarni tarkibiy qismlarga ajratadigan (dissotsilaydigan) va haydaydigan (masalan, koks pechi). Pech vazifasi turlichaligidan uning konstruksiyasi ham har xil.

**Pishirish** — 1) qattiq materialga termik ishlov berish bo'lib, unda reaksiya mahsulotlarining asosiy massasi qattiq holatda bo'ladi; 2) maxsus qurilmada suyuq fazaga ega bo'lgan xomashyoga yuqori haroratda ishlov berish texnologik jarayoni.

**Presslash** — 1. Materiallarni bosim ostida zichlash va muayyan shakl serish maqsadida qayta ishlash usuli. 2. Press-qoliplarda plastmassa va rezina buyumlar ishlab chiqarish usuli bo'lib, bunda material bosim ostida qizdirilib yumshatiladi;

*gidrostatik presslash* — presslash kuchini beruvchi muhit suyuqlik bo'lgan presslash;

*qaynoq presslash* — qizdirilgan mahsulotni presslash bo'lib, bunda bir vaqtning o'zida mahsulotning pishishi ham sodir bo'ladi;

*kompression presslash* — bu presslash uslubida reaktoplast ochiq press-qolipga quyiladi va press kuchi ta'siri ostida presslash amalga oshiriladi;

*qyuma presslash* — yopiq press-qolipga uning quyish kanali yordamida oldindan qizdirilib yumshatilgan reaktoplastni surib qoliplash uslubini;

*yarimquruq presslash* — bog'lovchi tutgan namlangan kukunsimon massadan iborat keramik buyumni qoliplash;

*quruq presslash* — plastik bo'lmagan kam namlangan yoki quruq keramik buyumlarni presslash.

**Po'lat** — tarkibida 2% gacha uglerod tutgan temir asosidagi qotishmalarning umumiy nomlanishidir. Po'lat, asosan, domna pechlarida eritilgan cho'yan bilan chiqindi po'lat aralashmasidan olinadi. Konverterlar, marten pechlari va elektr pechlari asosiy po'lat ishlab chiqarish agregatlari hisoblanadi; ularda eritib olingan po'latlar esa konverter, marten va elektr po'lati deb ataladi.

**Po'lat-beton** — portlandsement, suv, kvarts qumi, po'lat kukuni va qipig'i aralashmasidan tayyorlanadigan yeyilishga chidamli maxsus beton. Ombor, sanoat binolari, yuk ortish-tushirish maydonchalari va b. polining ustki qismiga choksiz qoplama yoki yig'ma (plitalardan iborat) pol sifatida ishlatiladi, shuningdek yemirilish va zarbga ishlaydigan bunker hamda inshootlarning boshqa elementlariga qoplanadi.

**Qattiq yoqilg'ilar** — asosiy tarkibiy qismi uglerod bo'lgan yonuvchi moddalardir. Qattiq yoqilg'ilarga toshko'mir, qo'ng'ir ko'mir, yonuvchi

slanetslar, torf va yog'och kiradi. Qattiq yoqilg'ilar xossalari ularning tarkibidagi uglerod, vodorod, kislorod, azot va oltinugurtlar miqdoriga bevosita bog'liq bo'ladi. Bir xil miqdordagi yoqilg'ilar yoqilganda turli xil miqdorda issiqlik ajralib chiqadi. Shuning uchun qattiq yoqilg'ilarning sifatini aniqlashda, ularning 1 kg miqdori yonganda ajralib chiqadigan issiqlik miqdori bilan aniqlanadi. Qattiq yoqilg'i asosan issiqlik va boshqa tur yoqilg'ilar olishda qo'llaniladi. Bundan tashqari qattiq yoqilg'ini tegishli qayta ishlov (haydash) berilishi natijasida 300 dan ortiq har xil kimyoviy birikmalar olinadi. Qo'ng'ir ko'mirni qayta ishlab qimmatli suyuq yoqilg'ilar, ya'ni, benzin va kerosin olishda katta ahamiyatga ega.

## Q

**Quyish** — 1. Quyma qoliplarga suyultirilgan materiallarni quyish yo'li bilan quymalarning olinishi. 2. Quyish yo'li bilan olinadigan buyumlar.

*Quyma bazalt* — suyultirilgan bazaltlardan olinadigan tosh quyma;

*quyma tosh* — qurilish materiali bo'lib, tog' jinslari va metallurgiya shlaklarining suyuqlanmalarini qoliplarga quyish yo'li bilan olinadi;

*bosim ostida quyish* — suyuqlantirilgan material (metall, plastmassa, rezina aralashmasi va boshqalar)ni qoliplarga bosim ostida quyib joylashtirish bo'lib, bunda murakkab tuzilishli buyumlar aniq shaklda vujudga keladi;

*quyma shlaklar* — suyultirilgan shlaklardan olinadigan quymalar;

*quyma shliker* — qoliplarga keramik shlikerlarni quyish — buyum qoliplashdir.

**Qum** — zarralarning katta-kichikligi 0,05 mm dan 2,0 mm gacha bo'lgan cho'kindi chaqiq jins. Zarralarning katta-kichikligiga qarab qumlar mayda zarrali (0,05 — 0,25 mm), o'rtacha zarrali (0,25 — 0,5 mm) va yirik zarrali (0,5 — 2,0 mm) xillarga bo'linadi.

*Kvars qumi* — tarkibida 30% dan kam kvars SiO<sub>2</sub> bo'lmagan tabiiy qum;

*keramzit qumi* — donalar o'lchami 5 mm gacha bo'lgan keramzit;

*tabiiy qum* — mayda siniqli sochiluvchan tog' jinsi bo'lib, asosan mayda kvars donalaridan tashkil topgan bo'ladi.

**Quritgich** — materiallarni quritish apparati:

*barabanli quritgich* — qiya o'rnatiladigan sochiluvchi materiallarni quritishga moslashtirilgan to'xtovsiz ta'sirga ega bo'lgan quritgichdir;

*kamerali quritgich* — davriy ishlaydigan, unumi kamroq bo'lgan quritgich;

*tasmali quritgich* — uzluksiz ishlaydigan, transportyor lentasi sistema-siga o'xshash ishlaydigan quritgich;

*pnevmatik quritgich* — konvektiv quritishni pnevmotransport bilan birga olib boriladigan quritgich;

*saxratuvchi quritgich* — konsentrlangan eritmalar va suspenziyalarning kichik dispersli tomchilarini konvektiv quritish uchun quritgichdir;

*tunnel quritgich* — konvektiv quritish uchun quritgich bo'lib, quritish jarayonida tunnelda vagonetka harakatlanib turib undagi material quriydi;

*shaxtali quritgich* — vertikal shaxtada qaynoq gazlar bilan kukunsimon (yoki donador) mahsulotlarni quritish uchun mo'ljallangan quritgichdir.

## R

**Rangli metallurgiya** — metallurgiya fani va texnikasi sohasi; ruda xomashyosini qazib olish va ularga qayta ishlov berishdan boshlab tayyor mahsulotlar (rangli metallar, qotishmalar, shuningdek yarimo'tkazuvchi materiallari) olishgacha bo'lgan ishlarni o'z ichiga oladi.

**Reaktor** — 1. Muayyan sharoitda reagentlarning kimyoviy o'zgarishlarini amalga oshirish uchun apparat. 2. Nazoratdagi yadro yoki termoyadroviy jarayonlarni amalga oshirish uchun apparat.

*Adiabatik reaktor* — adiabatik jarayon kechadigan reaktor, aralashish reaktori — jarayonlari komponentlarni aralashtirish yo'li bilan amalga oshadigan reaktor;

*ideal siqib chiqarish reaktori* — uzluksiz ishlaydigan reaktor bo'lib, undagi oqim strukturasi ideal siqib chiqarish modeliga mos tushadi;

*ideal aralashish reaktori* — uzluksiz ishlaydigan reaktor bo'lib, undagi oqim strukturasi ideal aralashish modeliga mos tushadi;

*ideal reaktorlar* — hamma xarakteristikalariga mos tushadigan reaktorlar;

*izotermik reaktor* — izotermik jarayon bilan kechadigan reaktor;

**kimyoviy reaktor** — reaktorga qarang.

*Trubkali reaktor* — trubalar to'plami ko'rinishidagi reaktor;

*uzlukli (davriy) reaktor* — yuklanish va yuksizlanish davriy ravishda amalga oshiriladigan reaktordir;

*uzluksiz reaktor* — yuklanishi va yuksizlanishi uzluksiz amalga oshiriladigan reaktor.

**Rektifikatsiya** (lotin. rectus — to'g'ri va facio — qilaman demakdir) — modda yoki aralashmalarni qaynash haroratlari har xilligidan yoxud molekula massalarining har xilligidan foydalanib bir-biridan ajratishdir. Bu ish maxsus rektifikatsion kolonnalarda amalga oshiriladi. Rektifikatsiya sanoatda keng qo'llaniladi, masalan, rektifikat spirt olishda, neftdan benzin olishda va boshqalar.

*Azeotrop rektifikatsiya* — boshlang'ich aralashmaga tegishli komponent qo'shib, bitta yoki uning bir necha komponentlari bilan azeotrop aralashma hosil qilinadi va u distillat sifatida haydaladi;

*ekstraktiv rektifikatsiya* — dastlabki aralashmaning komponentlaridan

birining nisbiy uchuvchanligini oshiruvchi agent qo'shib rektifikatsiya o'tkazish;

*past haroratli rektifikatsiya* — juda past haroratda va yuqori bosimda siqilgan gazlar aralashmasining rektifikatsiyasi;

*vakuumli rektifikatsiya* — past bosim ostida o'tkaziladigan rektifikatsiya.

**Rekuperatsiya** — jarayonni o'tkazish uchun, unda ishlatiladigan material yoki energiyaning bir qismini, shu jarayonni o'tkazishda undan takroran foydalanish uchun qaytarish.

**Retorta** — uzun qayrilma uchli haydash uchun mo'ljallangan sharsimon idish.

**Rezervuar** — basseyn, bak, ballon va boshqalar ko'rinishidagi katta idish bo'lib, suyuqlik va gazlarni saqlashda qo'llaniladi.

**Rezina** — (lotin. *resina* — qatron, smola demakdir) — kauchukni vulkanlab olinadigan elastik materialdir. Vulkanlash darajasiga muvofiq rezinalar yumshoq, yarimqattiq va qattiq (ebonit) turlarga bo'linadi. Rezina buyumlarining soni 30 mingdan ziyoddir, bu uning ko'p sohalarda ishlatilishidan dalolat beradi.

*Antiostatik rezina* — elektr o'tkazuvchi rezinaga qarang.

*elektro'tkazuvchi rezina* — yuqori o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan rezina bo'lib, elektrstatik zaryad to'plamaydi;

*ko'pikli rezina* — ochiq kavaklarga ega g'alvirak rezina bo'lib, lateksli aralashmalarni ko'pirtirib, keyin vulkanlab olinadi;

*mikrog'ovakli rezina* — aralash xarakterga ega bo'lgan g'ovakli g'alvirak rezina bo'lib, kavak hosil qiluvchi modda qo'shilgan rezina aralashmasidan va ko'pirtirilgan lateksli aralashmadan olinadi;

*moybenzinga chidamli rezina* — doimiy surkov moylari va benzinlar ta'siriga chidamli kam bo'kuvchan va kam eruvchanlik xossaga ega bo'lgan rezina;

*qattiq rezina* — ebonitga qarang;

*g'alvirak rezina* — lateks yoki kavak hosil qiluvchi modda qo'shilgan kauchukdan olinadigan g'ovakli material;

*g'ovak rezina* — katta va bir-biri bilan tutash bo'lgan g'alvirak rezina bo'lib, rezina aralashmasiga kavak hosil qiluvchi modda qo'shib olinadi;

*o'rtaqattiq rezina* — qattiqligi ebonitnikidan kam, lekin yumshoq rezinadan yuqori bo'lgan rezina;

*yumshoq rezina* — yuqori elastiklikka va nisbatan pastroq qattiqlikka ega bo'lgan rezinadir.

## S

**Sedimentatsiya** — dispers faza zarrachalarining gravitatsion ta'sir maydonida yoki markazdan qochuvchi kuchlar ta'sirida yo'naltirilgan harakatidir.



**Sikkativlar** — lak-bo'yoq qoplamlarning qurish tezligini oshirish uchun qo'llaniladigan, to'yinmagan o'simlik moylarini oksidlash uchun qo'llaniladigan katalizatorlardir; ko'pincha og'ir metallarning sovuni hisoblanadi.

*Ko'makchi (yordamchi) sikkativlar* — yengil va boshqa metallar tuzlari va bir asosli organik kislotalar orasidagi sikkativlar bo'lib, ular mustaqil katalitik ta'sir ko'rsatmaydi, lekin birlamchi sikkativlarni faollashtiradi;

*linoleat sikkativi* — zig'ir moyi moyli kislotasining tuzi asosidagi sikkativ;

*naftenat sikkativi* — naften kislotasi tuzlari asosidagi sikkativlar;

*birlamchi sikkativlar* — o'zgaruvchan valentli og'ir metallar va bir asosli organik kislotalar tuzlari asosidagi sikkativlar;

*aralash sikkativlar* — birlamchi va yordamchi sikkativlar aralashmasi asosidagi sikkativlar;

*sikkativ-promotorlar* — ko'makchi (yordamchi) sikkativlarga qarang.

**Silikat beton** — bog'tovchi — ohak-kremnezyom, to'ldirgich (odatda, qum) va suvdan iborat qorishmaga avtoklavlarda issiqlayin ishlov berib olinadigan beton. Silikat betonning siqilishga chidamliligi 50 MPa gacha, o'rtacha (hajmi bo'yicha) zichligi 1800—2200 kg/m<sup>3</sup>. Devor bloki, panel, yopma element va b. temir-beton konstruksiyalar va buyumlar ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Silikat betondan tayyorlangan buyumlar ishlatilish sifati jihatidan sementdan ishlangan buyumlarga yaqin, narxi esa ularnikidan 10—15% arzon.

**Sintez** (yunon. sintezis — birlashtirish demakdir) — kimyoviy reaksiya yo'li bilan ancha oddiy moddalardan murakkab moddalarni olish.

*Assimetrik sintez* — molekulada xiralni fragmentni vujudga keltiruvchi sintez, bunda har xil miqdorda enantiomerlar hosil bo'ladi.

*mikrobiologik sintez* — mikroorganizmlar yordamida yoki fermentlar ta'sirida kimyoviy birikmalar ta'siri;

*neftkimyoviy sintez* — neft fraksiyalari tabiiy gaz va neftni qayta ishlash gazlari asosida ko'p miqdorda organik va noorganik mahsulotlar ishlab chiqarish;

*organik sintez* — organik birikmalar olishning uslublari va jarayonlari yig'indisidir.

**Sintez gaz** — metandan olinadigan CO+2H<sub>2</sub> aralashmasi bo'lib, u metanol, sirka kislotasi, sintetik kauchuk, sintetik benzin va juda ko'p qimmatbaho mahsulotlar olishda dastlabki xomashyo hisoblanadi. Bularni olish uchun dastlab metan sintez gaz (CO+2H<sub>2</sub>) ga aylantiriladi.

**Sistema** — bu shartli ravishda tashqi muhitdan fikran yoki amalda ajratilgan, bir-biri bilan doimiy ta'sirda bo'lgan modda yoki moddalar guruhidir. Hajm jihatdan termodinamik sistema turlicha: igna uchiga

teng kichik va quyosh sistemasidan katta bo'lishi mumkin.

**Slanets (yonuvchi slanets)lar** — organikaviy yonuvchi moddasi bo'lgan cho'kindi tog' jinsidir. Mahalliy yoqilg'i sifatida, suyuq yoqilg'ilar olishda, bog'lovchi qurilish materiallar olishda, bitumlar, moylar, fenollar, benzol, toluol, ksilol, naftollar va boshqa moddalar olishda xomashyo sifatida ishlatiladi.

**Slyudalar** — murakkab strukturali alumosilikatlar minerallari bo'lib, ular tekis va silliq yuzaga ega bo'lgan juda yupqa yaproqchalarga ajralish xususiyatiga ega. Slyudalarning tabiiy va sintetik xillari mavjud. Ular elektr izolatsion material sifatida ko'p ishlatiladi.

**Smolalar** — kimyoviy tarkibi jihatidan juda murakkab bo'lgan organik moddalardir. Tabiiy smolalar — normal fiziologik almashinuv natijasida o'simliklar tomonidan ajraladigan moddalar bo'lib, ularga tropika o'simliklari, archa va qarag'aylar boy bo'ladi. Tabiiy smolalar sovun pishirishda, qog'ozlarni yelimlashda, tibbiyotda, parfyumeriya sanoatida ishlatiladi. Hozirgi vaqtda tabiiy smolalar o'rnida sintetik polimerlar ishlatilmoqda, masalan, mochevina-formaldegid smolasi, fenolaldegid smola va boshqalar. Sintetik smolalar har xil plastmassalar ishlab chiqarish uchun qo'llaniladi.

*Fenol-formaldegidli smolalar* — sintetik smolalar bo'lib, fenolni formaldegid bilan polikondensatsiyasi orqali olinadi; yuqori oquvchan press-materiallar, egiluvchan shlifoval surgichlar, shishatekstolit va b. uchun bog'lovchi sifatida qo'llaniladi.

**Suvning laminar harakati** — suyuqlikning tog' jinsi kapilyar g'ovaklarida uzluksiz oqimlar holida harakatlanishi. Laminar harakatlar qonunini Fransiya olimi X. Darsi 1865-yilda suvning qumlardan sizishi bo'yicha olib borgan tajribalari asosida aniqlagan. Darsi qonuniga ko'ra, vaqt birligida sizilayotgan suvning miqdori oqimning ko'ndalang kesim yuzasiga, sizish koeffitsientiga va bosim gradiyentiga to'g'ri proporsional:

$$Q = KiF,$$

bu yerda:  $Q$  — suvning vaqt birligida (sekund, minut, sutka) sizib o'tgan miqdori,  $m^3/sut$ ;  $F$  — suv oqimining ko'ndalang kesim yuzasi;  $i$  — bosim gradiyenti.

## T

**Teflon** — politetraftoretilenga qarang.

**Tegirmon** — maydalash uchun mashina bo'lib, konstruksiyasiga muvofiq maydalangan material kattaligi 10 2—10 7 m oralig'ida ta'minlanadi.

*Barabanli tegirmon* — metall sharlar va boshqa shakldagi bo'laklar solingan barabanning aylanishi natijasida ishqalanish tufayli maydalaydigan tegirmon.

*halqali tegirmon* — harakatsiz yoki aylanuvchi halqa yuzasida materialni ezish va ishqalash yo'li bilan maydalaydigan tegirmon;

*kolloid tegirmon* — o'ta mayin maydalashni ta'minlovchi tegirmon bo'lib, maydalash markazdan qochuvchi kuchlar ta'sirida amalga oshiriladi;

*yanchuvchi tegirmon* — yumshoq jinslarni urg'ich bilan urib maydalash tegirmoni;

*planetarli tegirmon* — vertikal barabanga ega bo'lgan tegirmonlarning bir turi bo'lib, u planetar harakatiga ega bo'ladi;

*sharli tegirmon* — qattiq materiallardan tayyorlangan sharlar, boshqa shaklli jinslar solingan barabanli tegirmon bo'lib, material barabanning ichki devoriga sharlar vositasida ishqalanib kukunlanadi.

**Tekstolit** — eng muhim fenoplastlardan biri bo'lib, fenolformaldegid smolasi shindirilgan va yuqori haroratda presslangan ip gazlamadan tayyorlanadi. U yukka chidamli, mexanikaviy qayta ishlanishi oson. Katta yukka mo'ljallangan mashinalar uchun sharikli podshipniklar, shesternyalar tayyorlanadigan material, detallar uchun surkov moy sifatida suv ishlatish mumkin.

**Arrenius tenglamasi** — reaksiya tezlik konstantasini mutlaq haroratga bog'liqligini belgilovchi tenglama.

**Bernulli tenglamasi** — noqovushoq suyuqlik yoki gazni statsionar oqimining energetik balansini ayrim hodisasi bo'lib, oquvchi suyuqlikning ikkita har xil nuqtasidagi to'liq gidrodinamik bosimi orasidagi bog'lanishni belgilaydi.

**Eyler tenglamasi** — differensial tenglama bo'lib, ideal suyuqlik harakati aniqlanganligini tavsiflaydi.

**Fure tenglamasi** — harakatsiz muhitdagi issiqlik o'tkazuvchanlikning differensial tenglamasi.

**Puazeyl tenglamasi** — dumaloq to'g'ri quvur yoki nay bo'yicha laminar harakatdagi suyuqlik sarfini aniqlovchi tenglama.

**Termik kreking** — neftdan olinadigan benzinning miqdorini anchagina ko'paytirish (65–70 % gacha) usullaridan biridir, masalan, mazutdagi uglevodorodlarni molekula massasi nisbatan kichik bo'lgan uglevodorodlarga parchalash yo'li bilan anchagina ko'paytirish mumkin. Bunda, uglevodorod molekularining parchalanishi ancha yuqori haroratda (470–550° C) boradi. Jarayon sekin sodir bo'ladi, uglerod atomlari tarmoqlanmagan zanjirli uglevodorodlar hosil bo'ladi. Termik kreking jarayonida olingan benzinda to'yingan uglevodorodlar bilan bir qatorda ko'pgina to'yinmagan uglevodorodlar bo'ladi. Shuning uchun bu benzin to'g'ri haydab olingan benzininga qaraganda detonatsiyaga chidamli. Termik kreking benzinida oson oksidlanadigan va polimerlanadigan to'yinmagan

uglevodorodlar ko'p bo'ladi. Shuning uchun bu benzin uzoq saqlanmaydi. U yonganda avtomobil motorining turli qismlari buzilib qoladi. Bu zararli ta'sirni bartaraf etish uchun bunday benzina antioksidlovchilar qo'shiladi.

**Texnologiya** — 1. Maqsadga yetishish usullari majmuasidir. 2. Texnologiya qayta ishlash va mukammallashtirish bilan shug'ullanuvchi ilmiy ta'limotdir.

*Chiqindisiz texnologiya* — asosiy mahsulotdan tashqari hosil bo'ladigan qo'shimcha mahsulotlar boshqa harakatdagi texnologiyalar uchun xom ashyo yoki xalq xo'jaligining turli sohalarida qo'llaniladigan texnologiyadir;

*kam chiqindili texnologiya* — mavjud holatdagi texnologiyadan chiqindisiz texnologiyaga o'tishdagi rivojlanishning oraliq shakli bo'lib, bunda chiqindi chiqish hissasini tez kamaytirish hisobiga asosiy yoki qo'shimcha mahsulotlarni ishlab chiqarishni o'stirishdan iborat bo'ladi;

*kimyoviy texnologiya* — xomashyoga kimyoviy va fizikaviy ta'sir etish usullari bilan sanoat mahsulotlarini olishga yo'naltirilgan texnologiya;

*kukunli texnologiya* — kukunli yoki maydalangan materiallarni qayta ishlash texnologiyasi bo'lib, yuqori effektivligi, kam chiqindiligi, iqtisodliligi bilan xarakterlanadi;

*quyma texnologiya* — quyma qoliplarda buyumlar tayyorlashga asoslangan texnologiya;

*umumiy kimyoviy texnologiya* — kimyoviy texnologiyaning umumiy qonuniyatlarini o'rganuvchi ilmiy ta'limot bo'lib, bunda uning effektivligini, iqtisodliligini va ekologik xavfsizligini oshirish maqsadi ko'zda tutiladi.

**Tez koagulatsiya** — agar ikkita zarracha bir-biri bilan bir marta to'qnashgandayoq o'zaro birikib, yirikroq zarracha hosil qilsa, bunday koagulatsiya tez koagulatsiya deyiladi va uning tezligi kolloid zarrachalarning broun harakati intensivligiga bog'liq bo'ladi, lekin qo'shiladigan koagulatsiyalovchi elektrolit konsentratsiyasiga bog'liq emas. Tez koagulatsiya nazariyasi 1916-yilda M.Smoluxovskiy tomonidan yaratilgan.

**Tola** —

*atsetat tola* — selluloza atsetatidan olinadigan sun'iy tola; viskoza tolası — viskozadan olinadigan sun'iy tola; yuqori modulli tola — kimyoviy tola bo'lib, uning egiluvchanlik moduli tegishli metallarning egiluvchanlik moduliga teng yoki undan ortiq bo'ladi;

*geterozanjirli tola* — geterosiklik polimerlardan olinadigan sintetik tola; gidrasellulozali tola — regenerirangan sellulozadan olinadigan sintetik tola;

*diatsetatli tola* — atsetat tola bo'lib, ikkilamchi selluloza atsetatidan olinadi;

*o'rga chidamli tola* — kislorod ishtirokisiz 1000°C da va undan yuqori haroratda ham parchalanmaydigan tola;

*sun'iy tola* — kimyoviy tola bo'lib, tabiiy polimerlarni qayta ishlab olinadi;

*karbozanjirli tola* — sintetik tola bo'lib, karbozanjirli polimerlardan olinadi;

*mineralli tola* — tog' jinslarining suyuqlanmasidan tayyorlanadigan tola;

*poliakrilonitrilli tola* — sintetik tola bo'lib, tarkibida 85 % dan ortiq akrilonitril bo'lgan polimer yoki sopolimerdan olinadi;

*poliolefinli tola* — sintetik tola bo'lib, murakkab geterozanjirli polimerlardan olinadi;

*sintetik tola* — kimyoviy tola bo'lib, sintetik polimerlardan olinadi;

*shisha tola* — suyuqlantirilgan shisha massadan olinadigan tola;

*issiqa chidamli tola* — kimyoviy tola bo'lib, yuqori haroratli havo muhitida uzoq vaqt ishlaydigan tola;

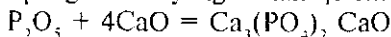
*triatsetatli tola* — triatsetatcellulozadan olinadigan atsetat tola;

*kimyoviy tola* — tabiiy va sintetik polimerlarni kimyoviy yoki termik qayta ishlab olinadigan tola;

*elastomer tola* — sintetik tola bo'lib, 600—700 % ga yetadigan yuqori cho'ziluvchanlikka ega bo'ladi.

**Tomas usuli** — fosfora boy temir rudalaridan po'lat suyuqlantirib olishda qo'llaniladigan usul bo'lib, bu usulning Bessemer usulidan asosiy farqi shundaki, konverterning ichki qoplama dolomit massadan tayyorlanadi, konverterga esa fosforning yonishi natijasida hosil bo'ladigan fosfor (V)-oksidni bog'lash uchun ohak qo'shiladi. Bunda olinadigan shlak Tomas shlaki deyiladi va tarkibida 20 % ga yaqin  $P_2O_5$  bo'ladi.

**Tomas shlaki** — fosfor (V)-oksid bilan ohakning ta'sirlashuv mahsuloti bo'lib, uning tarkibi  $Ca_3(PO_4)_2 \cdot 2CaO$  dir. Po'latlarda fosfor va oltingugurt ko'p miqdorda bo'lishi ayniqsa nomaqbuldir: fosfor po'latni sinuvchan qilib qo'yadi, oltingugurt esa qizigan po'latga mexanik ishlov berishda darzlar hosil bo'lishiga sabab bo'ladi. U qo'shimchalarni yo'qotish uchun suyuqlangan cho'yanga ohak qo'shiladi:



**Tozalash** (rafinlash) (frans. raffiner — tozalamoq) metallarda — metall va qotishmalar sifatini oshirish va ulardagi zarur elementlarni olish maqsadida ulardan (odatda, suyuq holatda) zararli aralashmalarni chiqarib yuborish. Tozalashning pirometallurgik, kimyoviy va elektrolitik usullaridan foydalaniladi. Asl metallarni tozalash affinaj deyiladi. Iflosliklarni ajratishning texnologik jarayoni.

*Neft mahsulotlarini kislotali tozalash* — neft mahsulotlarini sulfid kislotali tozalashga qarang;

*neft mahsulotlarini ishqor bilan tozalash* — tiniq neft mahsulotlarini ishqor yordamida olingugurtli birikmalardan tozalash va ularning nordon komponentlarini neytrallashtirishdan iborat;

*neft mahsulotlarini sulfat kislota bilan tozalash* — tiniq neft mahsulotlari va moy fraksiyalarini olingugurtli birikmalar, smolali va asfaltsmolali moddalardan sulfat kislota yordamida tozalash;

*oqar suvni biokimyoviy tozalash* — turli kimyoviy reagentlarni qo'llab oqar suvlarni tozalash;

*oqar suvni biologik tozalash* — maxsus bakteriyalar, ayrim sodda va yuqori organizmlarni qo'llab oqar suvlarni tozalashdir.

**Tozalash inshooti** — suv ta'minoti va kanalizatsiya sistemasidagi kompleks muhandislik inshooti bo'lib, oqar suvlarni ulardagi iflosliklardan tozalashga xizmat qiladi.

**Tuyish** — material bo'laklarini 0,09 mm kichik oichamgacha mexanik disperslash (maydalash, kukunlash)dir.

*Birgalikda tuyish* — har xil jinsli materiallardan ikkita yoki undan ko'p aralashmasini tuyish;

*namli tuyish* — suspenziya hosil bo'lgunicha suyuq muhitda tuyish;

*quruq tuyish* — sochiluvchan holatda tuyish.

**Tutunlar** — barqaror dispers sistema bo'lib, unda dispers faza qattiq zarrachalardan iborat bo'ladi, dispersion muhit esa gaz.

**To'ldirgichlar** — bog'lovchi material bilan aralastirilganda beton yoki sement qorishmasi hosil qiladigan materialdir. Odatda bunday material sifatida qum, shag'al, chaqirtosh, shamot, shlak, keramzit va boshqalar ishlatiladi; qattiq, suyuq yoki gazsimon dispers materiallar bo'lib, maxsus xossalarni namoyon qilish va qimmatini tushirish maqsadida, xossalarni yaxshilash uchun lak-bo'yoq materiallariga, rezinaga, plastmassaga qo'shiladi.

*Faol to'ldirgich* — materiallarning ekspluatatsion xossalarni, ularning qayta ishlash sharoitlarini yaxshilaydigan to'ldirgichlar;

*armaturalovchi to'ldirgich* — materiallarning mexanik mustahkamligini oshirish uchun qo'shiladigan faol tolalimon to'ldirgichlar;

*inert to'ldirgich* — materiallarning solishtirma sarfini kamaytirish uchun qo'shiladigan to'ldirgichlar bo'lib, ular buyumlarning ekspluatatsion xossalarga salbiy ta'sir ko'rsatmasligi kerak.

**Uayt-spirit** (erituvchi benzin) — 165—200° C da qaynaydigan suyuq uglevododlar aralashmasi bo'lib, neftni bevosita haydab olinadi. Uayt-spirit asosan bo'yoqchilik sanoatida erituvchi sifatida ishlatiladi.

**Vakuum ostida shakl berish** — termoplast-listlardan buyumlar yasash usuli. List qolip konturi (chiziqlari) bo'yicha germetik mahkamlanadi, polimer yuqori elastiklik holatini oladigan haroratgacha qizdiriladi va qolip bo'shlig'ida siyraklashish hosil qilinadi. Bosim (odatda, 90—95 kPa lar tafovuti ta'sirida list qolip ichiga tortiladi va buyum shaklini oladi, u sovitish natijasida mahkamlanadi. Vakuum ostida shakl berish avtomobil, xolodilnik detallari, asboblarning korpusi, santexnika buyumlari, oziq-ovqat mahsulotlari idishlari ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

**Vakuum pech** — metallga vakuum ostida ishlov beriladigan (qizitiladigan, eritiladigan) pech. Qizdirish vakuum pechlaridan yuqori sifatli po'latlarga termik ishlov berishda foydalaniladi. Eritish vakuum pechlari kimyoviy faol va qiyin eriydigan metallar, shuningdek yuqori sifatli po'lat va qotishmalar ishlab chiqarish uchun foydalaniladi. Maxsus sifatli qotishmalarni eritish uchun elektron-nurli pechlar va plazma-yoyli pechlar qo'llaniladi.

**Vakuumda eritish** — metall va qotishmalarni pasaytirilgan qoldiq bosimda eritish. Vakuumda eritishda metallar gazlar (azot, kislorod va vodorod)dan, yengil aralashma hamda metallmas qo'shilmalardan yaxshi tozalanadi, bu esa vakuumda eritish usulidan nozik buyumlar uchun metallar ishlab chiqarishda muvaffaqiyatli foydalanishga imkon beradi. Vakuumli eritish usulidan nozik buyumlar uchun metallar ishlab chiqarishda muvaffaqiyatli foydalanishga imkon beradi. Vakuumli eritish vakuum pechlarida amalga oshiriladi.

**Vakuum-filtr** — filtrlashda bosim o'zgarishini amalga oshirish uchun, filtrlash devori orqasida siyraklashtirishning vujudga keltirilishidir.

**Vanna** — vanna yoki tos.

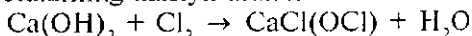
*Cho'ktiruvchi vanna* — kimyoviy tolani qoliplashda ishlatiladigan to'qimachilik eritmasidan polimerni cho'ktirish uchun qo'llaniladigan vannadir.

**Vanna pechi** — 1) termik yoki kimyoviy-termik ishlovda metall buyumlar suyuq muhit (masalan, erigan tuz)da qizdiriladigan pech (elektrik yoki alangali). Suyuq muhitda qizdirishning afzalligi shuki, buyum tez va bir tekis qiziydi, sirti oksidlanmaydi; 2) ich bo'shlig'i gorizontal yo'nalishda cho'ziq va vanna shaklida bo'lgan eritish pechi (asosan, alangali, masalan, ikki vannali pech, marten pechi, qaytargich pech).

**Vodorod elektrod** — vodorod ionlari bor eritmaga tushirilgan vodorod gazi bilan to'yintirilgan platina simi yoki plastinkadir. Platinaning potentsiali eritmadagi vodorod ionlari  $[H^+]$  konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi. Platina yuzasida qaytar holda reaksiya kechadi:

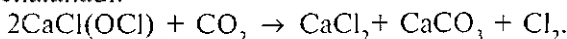
$2H^+ + 2e \rightarrow H_2$ . Vodorod elektrod vodorod ionlari konsentratsiyasi (faolligi) ni o'lchashda qo'llaniladi.

**Xlorli ohak CaCl(OCl)** — xlorit va gipoxlorit kislotatuzlarining aralashmasidir. Ohak eritmasiga to'yingunicha xlor yuborilsa, xlorid va gipoxlorit kislotalarning kalsiyli aralash tuzi hosil bo'ladi:

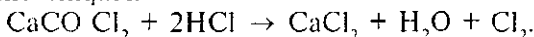


Bu tuz xlorli ohak nomi bilan yuritiladigan moddaning asosiy tarkibiy qismini tashkil etadi. Aslida xlorli ohak tarkibida (eng kamida) uchta modda bo'ladi:  $2\text{CaCl(OCl)}$ ;  $\text{CaCl(OCl)}_2$ ;

$\text{CaCl(OCl)}$ ;  $2\text{Ca(OH)}_2$  va  $\text{CaCl}$ ;  $\text{Ca(OH)}_2$ ;  $\text{H}_2\text{O}$  U havoda parchalanadi:



Xlorli ohak kislotalar bilan reaksiyaga kirishganda xlor gazi erkin holda ajralib chiqadi:



Xlorli ohak matolarni oqartirish va dezinfeksiya maqsadlari uchun ishlatiladi. Chunki undan ajralgan erkin xlor nam sharoitda HClO ga aylanadi, u parchalanib atomar kislorod hosil qiladi. Atomar kislorod esa oqartirish va dezinfeksiyalash xossasiga ega.

## X

**Xlorpren** —  $\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}=\text{CH}_2$  — xlorpren kauchugi olish uchun monomerdir.

Xlorpren vinilatsetilendan olinadi.

**Xlorpren kauchugi** (neopren) — xlorprenni polimerlab olinadigan sintetik kauchukdir. U deyarli yonmaydi, yaxshi kimyoviy chidamlilik xossasiga ega.

**Xrizotil-asbest, tog' zig'iri** — xrizotil (mineral)ning ingichka va uzun tolali agregati, asbest tipidagi muhim mineral. Xrizotil-asbestning sanoatdagi qiymati tolasining uzunligi, yigirilishi, issiqbardoshligi, issiqlik, tovush va elektrdan izolatsiyalash imkoniyatlariga, korroziyabardoshligi, adsorbtsion faolligining yuqoriligi hamda sement, bitum va b. organik moddalar bilan barqaror kompozitsiya (asbest-sement, asbest-beton va asbest-bitum materiallar, buyum va qoplamlar) hosil qilishiga bog'liq. Sinuvchan xrizotil-asbest tolasi yuqori elastiklik va sorbent singari yuqori faollikka ega bo'lishi kerak.

**Zanglamas po'lat** — 12 % dan ziyod xromga ega bo'lgan po'latdir. Yuqori korroziyaga chidamlilik xossasiga ega. Yuqori mexanikaviy xossaga ega qilish uchun bunday po'latga Ni, Mn, Mo, W, Nb va boshqa elementlar qo'shiladi. Zanglamas po'lat kimyo, neft, metallurgiya, avtomobil, aviatsiya sanoatlarida hamda turmushda ishlatiladi.

**Zol** — suyuq kolloid eritmalar, ya'ni yuqori dispersli geterogen (har xil) dispers struktura. Gellardan farqli o'laroq, zollarda dispers faza zarrachalari (mitsellalari) fazoviy strukturaga bog'liq emas. Dispers muhit



xususiyatiga ko'ra zollar bir-biridan farq qiladi. Masalan, dispers muhiti suv, havo va organik moddalardan iborat bo'lgan gidrozol, aerozol, organozol va boshqalardan ajralib turadi.

**Zumrad** (turk. zumrud) — berillning och-yashil turi; rangi xrom  $\text{Cr}^{3+}$  (2% gacha  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) bilan bog'liq. Qimmatbaho tosh. Shaffof va nuqsonsiz yirik zumrad (5 karatdan ortig'i) shunday miqdordagi olmosdan qimmat turadi. XX asrning 70-yillarida zumrad sintezida siljish bo'lgan. Sun'iy zumrad kvant elektronikada ishlatiladi.

## O'

**O'ta qizigan bug'** — to'yingan bug' bosimidagi va uning haroratidan yuqori haroratli bug'. O'ta qizigan va to'yingan bug' xossalari o'ta qizish darajasi deyiladi. O'ta qizigan bug' xossalari o'ta qizish darajasi oshishi bilan ideal gaz xossalari yaqinlashadi. O'ta qizigan suv bug'i bug'-kuch qurilmasining ish jismidir. O'ta qizish harorati oshirilganda qurilmalar tejamli ishlaydi. O'ta qizigan bug' maxsus bug' qizdirgichlarda hosil qilinadi.

**O'tga chidamli materiallar** — o'tga chidamlilik xususiyatiga ega bo'lgan ( $1580^\circ\text{C}$  dan past bo'lmagan haroratda, qator mamlakatlar standartiga ko'ra  $1500^\circ\text{C}$  dan past bo'lmagan haroratda erimasdan qarshi tura oladigan) mineral xomashyolar asosida tayyorlangan material va buyumlar. San'at pechlari, o'choqlar va b. issiqlik agregatlarida ishlatiladi.

**O'tga chidamlilik** — ba'zan (asosan, o'tga chidamli) materiallarning yuqori haroratlar ta'sirida erimay, unga qarshi tura olish xususiyati. O'tga chidamlilik miqdor jihatdan sinalayotgan materialdan yasalgan standart namuna (Zeyger konusi deb ataladigan balandligi, 30 mm li piramida) ning harorat ta'sirida yumshab, uchining og'ib taglik sirtiga tegishi bilan belgilanadi.

**O'tga chidamlilar** — yuqori o'tga chidamlilik xossasiga ega bo'lgan keramikaviy materiallar va ularning buyumlari bo'lib, yuqori haroratda ishlaydigan pechlar, o'choqlar va apparatlar qurishda qo'llaniladi.

**Grafitli o'tga chidamlilar** — shamot qo'shilgan grafitdan yasalgan o'tga chidamlilar;

**dinasli o'tga chidamlilar** — dinas asosidagi nordon o'tga chidamli materiallar;

**shamotli o'tga chidamlilar** — o'tga chidamli tuproq va shamotdan iborat, tarkibida 50—70 %) qumtuproq va 28—46 % giltuproq bo'lgan o'tga chidamli materiallar va buyumlar.

**O'g'itlar** — o'simliklarning oziqlanishi uchun, tuproq xossalarini yaxshilash uchun, hosildorlikni oshirish uchun ishlatiladigan moddalar. Tarkibi jihatidan: mineral, organik, organomineral, bakterial o'g'itlar bo'ladi.

*Azotli o'g'itlar* — asosiy oziq moddasi sifatida o'simlik o'zlashtira oladigan azot birikmalari bo'lgan o'g'it;

*bakterial o'g'itlar* — o'simliklar uchun foydali tuproq mikroorganizmlari bo'lgan o'g'itlar;

*borli o'g'itlar* — bor birikmasiga ega bo'lgan mikroo'g'it;

*guminli o'g'itlar* — organomineral o'g'itlar;

*kaliyli o'g'itlar* — asosiy oziq moddasi kaliy birikmalaridan tashkil topgan o'g'itlar;

*kobaltli o'g'itlar* — kobalt birikmalari (ko'pincha sulfatlari yoki xlorid-lari)dan tashkil topgan mikroo'g'itlar;

*kompleks o'g'itlar* — bir necha oziq elementlariga ega bo'lgan o'g'itlar;

*konsentrlangan o'g'itlar* — oziq elementlari konsentratsiyasi yuqori bo'lgan o'g'itlar;

*marganetsli o'g'itlar* — marganets tutuvchi, asosan superfosfatlar marganets sulfat qo'shimchasi bo'lgan o'g'itlar;

*mineral o'g'itlar* — oziq moddalar sifatida noorganikaviy birikmalar, masalan, tuzlardan tashkil topgan o'g'itlar;

*molibdenli o'g'itlar* — tarkibida molibden bo'lgan mikroo'g'it bo'lib, asosan ammoniy molibdat ko'rinishida superfosfatlarga qo'shib ishlatiladi;

*organikaviy o'g'itlar* — kelib chiqishi o'simlik va hayvonlardan iborat bo'lgan, o'simliklar o'zlashtira oladigan organikaviy birikmalardan iborat o'g'itlar;

*organo-minerali o'g'itlar* — asosiy oziq moddasi organikaviy birikmalar shaklida mineral komponentlar bilan bog'langan o'g'itlardir;

*ohakli o'g'itlar* — asosan kalsiy va magniy karbonatlardan iborat tuproq kislotaliligini yo'qotuvchi o'g'itlar;

*ruqli o'g'itlar* — rux birikmasiga ega bo'lgan mikroo'g'it bo'lib, asosan rux sulfati qo'shilgan ammosfosdan iborat bo'ladi;

*suyuq-kompleksli o'g'itlar* — o'g'it sifatida ishlatiladigan bir necha oziq komponentlardan tashkil topgan suyuq aralashma;

*temirli o'g'itlar* — tarkibida temir elementi tutgan mikroo'g'itlar;

*fosforli o'g'itlar* — asosiy oziq moddasi, fosforning suvda eruvchan birikmalaridan tashkil topgan o'g'itlar.

## G'

**G'ovak temir** — bevosita temir rudasi yoki uning konsentratlaridan ulardagi oksidlarni uglerod yoki uning oksidi bilan qaytarib olinadigan qattiq holdagi g'ovak bo'lakli yoki changsimon mahsulot. G'ovak temirni olish jarayoni suyuq faza hosil bo'lish-haroratidan past haroratlarda sodir bo'ladi. G'ovak temir o'zida erigan uglerod va ruda bo'sh jinslarining metallmas qo'shilmalaridan iborat. Barcha mamlakatlar g'ovak temir

olinadigan qurilmalarining umumiy quvvati (asosan, elektr po'lat eritish korxonasi uchun metallangan okatishlar ko'rinishida) yiliga 10 mln. t dan ortiqni tashkil etadi (1989).

**G'ovak shishalar** — g'ovaklari bir-biriga tutashib mustahkam fazoviy panjara hosil qilgan borosilikat shishalar bo'lib, ular qattiq inert tashuvchilar sifatida gaz-suyuqlik xromatografiyasida ishlatiladi. G'ovak shishalarning adsorbsiyaviy xossalari ularda silanol guruhlar mavjudligi tufayli bo'lib, bu guruhlar molekulasida elektrdonor funksional guruhlar bor moddalar bilan vodorod bog'lanish hosil qiladi. G'ovak shishalarning adsorbsiyaviy xossalari ularda silanol guruhlar mavjudligi tufayli bo'lib, bu guruhlar molekulasida elektrdonor funksional guruhlar bor moddalar vodorod bog'lanish hosil qiladi.

## Sh

**Shamot** — o'tga chidamli material bo'lib, o'tga chidamli tuproq yoki kaolini suyuqlanguncha kuydirib olinadi. Dag'al keramika (g'isht, cherepitsa, kafellar) va g'ovak keramika (masalan, gaz va suyuqliklarni mexanikaviy tozalashda) tayyorlash uchun ishlatiladi.

**Shisha** (noorganik shisha) — har xil silikatlarning bir-biri bilan yoki kremniy IV-oksidi bilan aralashmasining shaffof amorf qotishmasidir. Shisha ishlab chiqarish uchun dastlabki material sifatida oq qum, ohaktosh yoki bo'r xizmat qiladi. Bu moddalar aralashmasi generator gazi alangasida maxsus o'choq (pech)larda qizdiriladi. Shishaning xossasi uning kimyoviy tarkibiga, pishirish sharoitiga va keyingi qayta ishlashlariga bog'liq bo'ladi. Suyuqlanmalarni sovitish yo'li bilan olinadigan amorf jismlarning umumiy nomi bo'lib, katta qovushoqlikka ega bo'lgani uchun qattiq jismlarning mexanikaviy xossalari ega bo'ladi, ularda suyuq holatdan shishasimon holatga o'tish qaytar.

*Suyuq shisha* — eruvchan shishaning suvdagi erish mahsuloti.

**Shisha voloknit** — qisqa shisha tolalariga asoslangan material bo'lib, radio va elektrtexnikada konstruksiyaviy material sifatida qo'llaniladi.

**Shisha keramikasi** — shisha va keramika asosidagi kompozitsiyaviy material.

**Shisha pishirish** — qizdirish natijasida xomashyo materiallaridan shisha massasini olish jarayoni.

**Shisha tekstolit** — katta o'lchamli buyumlar uchun konstruksiyaviy material sifatida va elektrizolatsiya materiali sifatida qo'ilaniladigan qatlamli shishaplastlar.

**Shishalanish harorati** — polimerning shishasimon holatdan yuqori elastik holatga o'tish haroratidir. Polimerlar past haroratlarda shishasimon holatda bo'lib, tashqi kuch ostida ularda tez va to'la qaytuvchan, ya'ni

tashqi kuch olinishi bilan oq to'la yo'qoladigan elastik deformatsiya yuz beradi. Harorat ko'tarilganda polimer yuqori elastik holatga o'tadi.

**Shlak** — xomashyoni o't bilan ishlov berishda hosil bo'lgan suyuq chiqindilarni qotishidan vujudga kelgan material.

**Shlaklar** — yoqilg'i shlaklari. Elektr termofosforli shlaklarga qarang.

**Shlakbeton** — to'ldiruvchi sifatida shlak (masalan, domna shlagi) ishlatiladigan yengil betonning bir turi.

**Shlakli pemza, termozit** — yengil betonning sun'iy g'ovak to'ldirgichi; metallurgiya shlaklari eritmalarini tez sovitib ko'pchitib olinadi. Shlakli pemzadan tayyorlangan chaqirtoshlarning markalari (o'rtacha to'shalgandagi zichligi,  $\text{kg/m}^3$ ): 400, 600 va 800; qumning o'rtacha zichligi esa  $1200 \text{ kg/m}^3$  dan kam. Shlakli pemza yengil betonlar, beton va temir-beton konstruksiyalar, shuningdek to'kma issiqlik izolatsiyasi sifatida foydalaniladi.

**Shlakli sementlar** — asosiy komponentlardan biri shlak bo'lgan sementlarning umumiy nomi bo'lib, asosiy shlakli mahsulot, donador qilingan domna shlakidir. U sement ishlab chiqarish sanoatida ishlatiladi. Keyingi vaqtlarda shlakli sement ishlab chiqarish uchun elektrtermofosforli shlaklar ham qo'llanilmoqda. Shlakportlandsement tarkibida 20—80 % granulalangan yoki elektrtermofosforli shlak, portlandsement klinkeri va tabiiy gips (3,5 % gacha) bo'ladi.

**Shlakoportlandsement** — portlandsement klinkeri va donador domna shlagini birgalikda maydalab, ozgina gips qo'shib olingan sement. Shlakoportlandsement portlandsementdan qotish davrining boshida sekin quyiqlasha borishi va suvga ancha chidamliligi bilan farq qiladi. Shlakoportlandsementga issiqlik-nam bilan ishlov berib (bug'lab) qotishi tezlashtiriladi. Shlakoportlandsement beton va temir-beton konstruksiya va buyumlar (ko'proq zavod sharoitida) tayyorlashda, ulkan inshootlarni betonlashda, qurilish qorishmalari tayyorlashda ishlatiladi.

**Shlam** (nemischadan Schlamm — balchiq demakdir) — 1) tog' jinslarining quduq tubida maydalangan zarrachalari (ko'pincha 0,25 mm dan yirik emas) to'plami. Burg'ilash jarayonida quduq bo'ylab harakatlanayotgan yuvuvchi suyuqlik bilan yer yuzasiga chiqarib tashlanadi. Shlamni o'rganib kavlanayotgan jinslarning litologik tavsifi aniqlanadi. Bu o'z navbatida kavlanayotgan quduqning geologik kesimini tuzish va uni yaqinroqda joylashgan burg'quduqlari kesimi bilan taqqoslash uchun zarur; 2) gidrokimyoviy usullar qo'llab metallurgiya va kimyoviy mahsulotlar olishda ajraladigan suspenziyalar orqali ishlatiladi.

**Shliker** (nem. Schlicker — balchiq, loy, chirindiga boy qumli tuproq) maydalangan va suvga aralashtirilgan, asosi silikat materiallardan iborat

quyuq xamirsimon massa. O'tga chidamli shakldor bloklar, chinni va fayans buyumlar, sopol plita va b. tayyorlashda ishlatiladi.

**Shteyn** (nem. Stein, asosiy ma'nosi — tosh) — ba'zi rangli metallar (mis, nikel, qo'rg'oshinni ularning sulfidli (oltingugurtli) rudalari va ruda konsentratlaridan olishdagi oraliq mahsulot. Temir sulfidi FeS va ajratib olinadigan metall sulfidlari qotishmasidan iborat bo'ladi.

**Shteynni bessemershteyn, shteynni konvertirlash** — mis olish uchun shteynni qayta ishlash; mis sulfidining oksidlanish reaksiyasida ajralgan issiqlikdan foydalanishga asoslangan. Konverterda shteyn eritmasi qatlami orqali qisilgan havo (kislorod bilan boyitish yaxshi natija beradi) beriladi; bunda oltingugurt va temir oksidlanadi hamda oltingugurt oltingugurt gazi ko'rinishida, temir esa konverter shlagi ko'rinishida chiqib ketadi. Olingan mahsulot xomaki mis deb ataladi. Shteynli bessemershteyn nikel va qo'rg'oshin ishlab chiqarishda ham qo'llaniladi.

**Sho'rtan gazkondensat koni** — Qashqadaryo viloyatida, shu nomdagi daryoning sohilida, Qarshi shahridan 40 km janubi-sharqda joylashgan. Kon 1974-yilda ochilgan. Chorjo'y tektonik pog'onasiga tegishli Beshkent egilmasida braxiantiklinal ko'rinishdagi Sho'rtan strukturasida joylashgan. Struktura o'lchami 19x9 km bo'lib, balandligi 450 m. Janubi-sharqdan shimoli-g'arb tomon cho'zilgan. Gaz qismining foydali qalinligi 118 m. Bir quduqdan olinayotgan gaz sarfi 605 ming m<sup>3</sup>/sutka.

Hisoblashlarga ko'ra gazda etan miqdori yuqori. Gazni qayta ishlab bu qimmatbaho uglevodorodni ajratib olish maqsadga muvofiq. Etan polimer, kauchuk, bo'yoq va dori-darmonlar olishda asosiy xomashyo hisoblanadi.

## Ch

**Chinni** — zich pishgan, suv va gaz o'tkazmaydigan, yupqa qatlamda rangsiz va shaffof keramikaviy materialdir. Chinni kaolin tuprog'i, kvarts va dala shpati aralashmasini pishirib olinadi. Chinnining maxsus turlarini tayyorlash uchun sirkon, talk, soztuproq va boshqa qo'shimchalar qo'shiladi. Chinni florid kislotadan boshqa hamma kislotalar ta'siriga chidamlidir. Chinni kimyoviy, metallurgiya sanoatlari uchun kislotaga chidamli keramikaviy buyumlar tayyorlashda, elektrtexnika sanoati uchun izolatorlar tayyorlashda, oshxona idishlari, badiiy buyumlar tayyorlashda ishlatiladi.

**Cho'zish** — cho'zuvchi kuchlarni qo'llash yo'li bilan plastik materiallarni qoliplash.

**Oriyentatsiyaviy cho'zish** — polimer makromolekulalarning ko'ndalang oriyentatsiyalab ularning mustahkamligini oshirish uchun kimyoviy tola va plyonkalarini cho'zish;

*plastifikatsiyaviy cho'zish* — plastifikatsiyalovchi muhitda oriyentatsiyaviy cho'zish.

**Cho'yan** — mo'rt temir qotishmasidir. Domnada suyuqlantirilgan cho'yan tarkibida 93 % atrofida temir, 4,5 % gacha uglerod, kremniy 0,5—2 %, marganes 1—3 %, fosfor 0,02—2,5 % va oltingugurt 0,005—0,08 % bo'ladi. Cho'yan ikki xil: kulrang va oq bo'ladi. Kulrang cho'yan tarkibida uglerod grafit holida bo'ladi va sindirilganida kulrang tusli bo'ladi. Texnikada u quyish (mashinalarning og'ir qismlarini, maxoviklar va hokazolarni quyish) uchun ishlatiladi. Oq cho'yan tarkibida uglerod asosan sementit  $Fe_3C$  holida bo'ladi. Cho'yan — temir rudasini domna pechlarida eritib olinadigan boshlang'ich mahsulot. Cho'yan ishlatilishi va kimyoviy tarkibiga ko'ra po'lat quyishda qaytadan eritib po'lat olinadigan (domna pechlarida olinadigan mahsulotning 80 % dan ko'prog'i), shakldor mahsulotlar olinadigan quyma cho'yan, tarkibidagi kremniy va marganets miqdori oshirilgan maxsus cho'yanlarga bo'linadi. Domna ferroqotishmalari (domna ferrosilitsiy, ferromarganets, silikomarganets, ko'zgu cho'yan) deb ataluvchi maxsus cho'yanlar juda cheklangan miqdorda eritiladi; po'latni oksidsizlantirish va legirlashda qo'llaniladi. Cho'yan quymasining sifatini oshirish maqsadida unga kam miqdorda modifikatorlar (masalan, magniy, ferrosilitsiy va b.) qo'shish yo'li bilan modifikatsiyalanadi va cho'yan turli elementlar bilan legirlanadi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Karimov I. A. O'zbekiston: Mustaqillik odimlari. — Toshkent, O'zbekiston, 1995.
2. Кутепов. А. М., Бондарев Т. И., Беренгарген М. Г. Общая химическая технология. 2-е изд. — М., Высшая школа, 1990.
3. Б. Е. Абалонин. Основы химических производств. — М., Химия 2001.
4. Алтухов К. В., Мухленов И. П., Тумаркина Е. С. Химическая технология. — М., Просвещение, 1985.
5. Мухленов И. П., Горштейн А. Е., Тумаркина Е. С. и др. Основы химической технологии. Под ред. И. П. Мухленова. 4-е изд. — М., Высшая школа, 1991.
6. Ismatov A. A., Otakuziev T. A., Ismoilov N. P., Mirzaev F. M.. Noorganik materiallar kimyoviy texnologiyasi. — Toshkent, O'zbekiston, 2002.
7. Белоцветов А. В., Бесков С. Д., Ключников Н. Г. Химическая технология, 4-е изд. — М., Просвещение, 1976.
8. Позин М. Е. Технология минеральных солей. — Л., Химия, 1984.
9. Бекиров Т. М. Первичная переработка природных газов. — М., Химия, 1987.
10. Юркевич В. В., Пакшвер А. Б. Технология производства химических волокон. — М., Химия, 1987.
11. Лисицын В. Н. Химия и технология промежуточных продуктов. — М., Химия, 1987.
12. Николаев А. Ф. Синтетические полимеры и пластмассы на их основе. — М., Химия, 1977.
13. Ласкарян Б. И., Громов Б. В., Циганков А. П., Сенин В. Н. Проблемы развития безотходных производств. — М., Стройиздат, 1981.
14. Asqarov M., Yoriyev O. M., Yodgorov N. Polimerlar fizikasi va ximiyasi. — T., O'qituvchi, 1993.
15. Танин. М. С. Химическая экология. Под ред. Кудайбергенова С. Б. Семипалатинск. 2002
16. J. I. Alimanova, T. A. Otaqo'ziyev, A. M. Eminov. Keramik buyumlar texnologiyasi. — Toshkent, Turon-Iqbol, 2006.
17. Otaqo'ziyev T. A., Otaqo'ziyev E. T. Bog'lovchi moddalarning kimyoviy texnologiyasi. — Toshkent, Cho'ipon, 2005.
18. Химическая технология твердых горючих ископаемых. Под ред. Макарова Г. Н. Харламович. — М., 1986.
19. Народное хозяйство Узбекской ССР. (Статистический ежегодник). — Ташкент, Узбекистан, 1989.
20. Kattayev N. Sh., Shoymardonov R. A. Ximiya sanoati va xalq iste'mol mollari. — Toshkent, O'zbekiston, 1986.
21. Kattayev N. Sh. Muhim noorganik kislotalar ishlab chiqarish texnologiyasi. Uslubiy qo'llanma. — Toshkent, 1994.
22. Кузнецов Л. Д., Дмитренко Л. М., Рябина П. Д. и др. Синтез аммиака. — М., Химия, 1982.
23. Очистка газов от сернистых соединений при эксплуатации газовых месторождений. Гриценко А. И., Галанин И. А., Зиновьева Л. М., Мурин В. И. — М., Недра, 1985.
24. Богомолов А. И. и др. Химия нефти и газа. — Л, Химия, 1986.
25. Тимофеев В. С., Серафимов. А. Принципы технологии основного органического синтеза. — М., Химия, 1992.
26. Соколов. М. С. Химическая технология 1-2 том. — М., Владос. 2003.

## МУНДАРИЖА

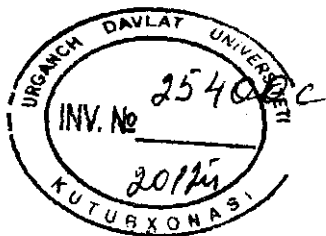
<b>SO‘Z BOSHI</b> .....	3
<b>I bob. KIMYOVIY TEXNOLOGIYANING ASOSIY TUSHUNCHA VA TA'RIFLARI</b> .....	5
1.1. Kimyoviy texnologiya fani va uning muhim vazifalari .....	5
1.2. Kimyo sanoatining ahamiyati .....	6
1.3. Kimyoviy ishlab chiqarishning paydo bo'lishi va taraqqiyoti .....	7
1.4. O'zbekistonda kimyoviy ishlab chiqarishning paydo bo'lishi va taraqqiyoti ....	9
1.5. Kimyoviy ishlab chiqarishning texnologik va texnik iqtisodiy ko'rsatkichlari 12	
1.6. Kimyoviy texnologik jarayonlar haqida tushuncha. Asosiy jarayonlarning turlari .....	19
1.7. Texnologik jarayonlarning sinflanishi .....	23
1.8. Texnologik jarayonlarda muvozanat .....	26
1.9. Texnologik jarayonlarning tezligi .....	32
1.10. Kimyoviy reaktorlar va ishlab chiqarishning texnologik sistemalari .....	40
<b>II bob. KATALITIK JARAYONLAR</b> .....	52
2.1. Katalitik jarayonlarning tavsifi .....	52
2.2. Kataliz turlari va uning mohiyati .....	52
2.3. Qattiq katalizatorlarning xossalari va ularni tayyorlash .....	63
2.4. Katalitik jarayonlarining texnologik sharoiti .....	66
2.5. Kimyoviy texnologik katalitik jarayonlarni takomillashtirishning istiqbolli usullari .....	69
<b>III bob. KIMYO SANOATINING XOMASHYOSI VA UNI BOYITISH USULLARI VA ENERGIYA</b> .....	80
3.1. Xomashyo va energiya .....	80
3.2. Xomashyo manbalari va ularni qazib olish .....	82
3.3. Qattiqxomashyoni boyitish .....	84
3.4. Suyuq xomashyolarni boyitish .....	91
3.5. Gazsimon xomashyolarni boyitish .....	92
3.6. Xomashyoni kompleks foydalanish va chiqindisiz texnologiya .....	93
3.7. Energiya .....	95
<b>IV-bob. SUV</b> .....	98
4.1. Kimyo sanoatida suv .....	98
4.2. Ichimlik suvini tayyorlash .....	102
4.3. Sanoat suvlarini tayyorlash .....	104
<b>V-bob. NOORGANIK MODDALAR ISHLAB CHIQRISH TEXNOLOGIYALARI</b> .....	110
5.1. Metallurgiya. Qora va rangli metallar ishlab chiqarish .....	110
5.2. Metallarning sinflarga bo'linishi .....	111
5.3. Cho'yan ishlab chiqarish .....	112
5.4. Po'lat ishlab chiqarish .....	121
5.5. Po'latga termik va kimyoviy ishlov berish .....	128
5.6. Aluminiy ishlab chiqarish .....	129



<b>VI bob. OLTINGUGURT VA SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQUARISH</b>	<b>136</b>
6.1. Oltingugurtning xossalari va tarqalishi, ishlatilishi	136
6.2. Vodorod sulfiddan oltingugurt ishlab chiqarish	137
6.3. Sulfat kislota ishlab chiqarish	141
6.4. Oltingugurt (IV) oksidini ishlab chiqarish	145
6.5. Kontakt usuli bilan sulfat kislota ishlab chiqarish	152
<b>VII bob. AMMIK VA NITRAT KISLOTA ISHLAB CHIQUARISH</b>	<b>161</b>
7.1. Azotning xomashyo manbalari va ishlatilishi	161
7.2. Atmosfera azotini birikmaga aylantirish usullari	161
7.3. Ammiak sintezi uchun azot vodorodli aralashmaning olinishi va tozalash usullari	163
7.4. Ammiak sintezi	166
7.5. Nitrat kislota ishlab chiqarish	173
7.6. Nitrat kislota ishlab chiqarishning nazariy asoslari	175
7.7. Yuqori bosimda ishlovchi qurilmada suyuq nitrat kislota ishlab chiqarish	181
7.8. Qurama (kombinatsiyalangan) usulda suyuq nitrat kislota ishlab chiqarish	183
7.9. Konsentrlangan nitrat kislotasining to'g'ri sintezi	184
<b>VIII bob. MA'DANLI TUZLAR VA O'G'ITLAR ISHLAB CHIQUARISH...</b>	<b>187</b>
8.1. Mineral o'g'itlarning ahamiyati, olinishi	187
8.2. O'g'itlarning sinflarga bo'linishi	188
8.3. Azotli o'g'itlar ishlab chiqarish	192
8.4. Ammoniy nitrat ishlab chiqarish	193
8.5. Karbamid (mochevina) ishlab chiqarish	198
8.6. Fosforli o'g'itlar ishlab chiqarish	201
8.7. Fosfat kislota va qo'sh superfosfat ishlab chiqarish	207
8.8. Kompleks o'g'itlar	211
8.9. Kaliyli o'g'itlar ishlab chiqarish	212
8.10. Mikroo'g'itlar	213
<b>IX bob. YUQORI HARORATDA BORADIGAN KIMYOVIY TEXNOLOGIK JARAYONLAR</b>	<b>217</b>
9.1. Silikatlar texnologiyasi. Silikatli materiallarning sinflanishi va ishlatilishi	217
9.2. Keramika buyumlari. Chinni va fayans	218
9.3. Mineral bog'lovchi moddalar. Havoda qotuvchi va bog'lovchi moddalar	221
9.4. Gidravlik bog'lovchi moddalar	224
9.5. Shisha ishlab chiqarish texnologiyasi	228
<b>X bob. ELEKTROKIMYOVIY JARAYONLAR</b>	<b>234</b>
10.1. Elektrokimyoviy ishlab chiqarish	234
10.2. Suvli eritmalar va suyuqlanmalar elektrolizining nazariy asoslari	235
10.3. Natriy xlor eritmasining elektrolizi	238
10.4. Sintetik xlorid kislota ishlab chiqarish	241
<b>XI bob. ORGANIK MODDALAR ISHLAB CHIQUARISH TEXNOLOGIYASI. YOQILG'INI KIMYOVIY QAYTA ISHLASH</b>	<b>244</b>
11.1. Energetika muammolari va istiqbollari	244

11.2. Qattiq yoqilg'ini qayta ishlash .....	247
11.3. Kokslashda hosil bo'ladigan kimyoviy mahsulotlarni ushlab qolish .....	249
11.4. Neft va tabiiy gazni qayta ishlash .....	254
11.4.1. Neft va tabiiy gaz qazib olish usullari .....	254
11.4.2. Neftni qayta ishlashning asosiy usullari va foydalaniladigan uskunalar ..	260
11.5. Gazsimon yoqilg'ilar .....	273
<b>XII bob. ORGANIK SINTEZ SANOATI .....</b>	<b>275</b>
12.1. Organik sintezning xomashyosi va tipik kimyoviy texnologik jarayonlar ..	275
12.2. Atsetilen ishlab chiqarish .....	280
12.3. Kaprolaktam ishlab chiqarish .....	282
12.4. Metanol sintezi .....	285
12.5. Etanol sintezi .....	289
12.6. Formaldegid va sirka aldegidini ishlab chiqarish. Formaldegid (metanol, chumoli aldegidini) .....	292
12.7. Sirka kislota ishlab chiqarish .....	297
<b>XIII bob. YUQORI MOLEKULAR BIRIKMALARNING KIMYOVIY TEXNOLOGIYASI .....</b>	<b>300</b>
13.1. Yuqori molekular birikmalar .....	300
13.2. Yuqori molekular birikmalarning sinflarga .....	302
bo'linishi va olinishi .....	302
13.3. Plastmassa ishlab chiqarish .....	309
13.4. Polikondensatlanish polimerlari va ular asosida olinadigan plastmassalar	311
13.5. Fenoplastlarni ishlab chiqarish .....	312
13.6. Oddiy va murakkab poliefirli polimerlar ishlab chiqarish texnologiyasi ..	315
13.7. Polimerlanish polimerlari va ular asosidagi plastmassalar .....	318
13.8. Polietilen ishlab chiqarish texnologiyasi .....	318
13.9. Polivinilxlorid ishlab chiqarish .....	321
13.10. Polistiroil ishlab chiqarish texnologiyasi .....	322
13.11. Tabiiy yuqori molekular birikmalar kimyoviy texnologiyasi. Selluloza ajratib olish texnologiyasi .....	327
13.12. Kauchuk ishlab chiqarish texnologiyasi .....	330
<b>XIV bob. KIMYOVIY TOLALAR ISHLAB CHIQRISH TEXNOLOGIYALARI .....</b>	<b>340</b>
14.1. Sun'iy va sintetik tolalar, tola ishlab chiqarish bosqichlari .....	340
14.2. Viskoza tolasi ishlab chiqarish .....	342
14.3. Atsetat va kapron tolasi ishlab chiqarish .....	344
14.4. Naylon (anid) va lavsan tolalari .....	347
14.5. Nitron tolasi ishlab chiqarish .....	348
<b>XV bob. POLIMERLARNI QAYTA ISHLASH .....</b>	<b>354</b>
15.1. Polimerlarga shakl berish usullari .....	354
15.2. Kauchukni qayta ishlash .....	358
Kimyoviy atamalarning qisqacha izohli lug'ati .....	361
Foydalanilgan adabiyotlar .....	396

N.KATTAYEV, G.IXTIYAROVA,  
M.MUHAMEDIYEV, H.MIRZAHIDOV



# KIMYO TEXNOLOGIYASI

Muharrir: *Z. Mirzahakimova*  
Dizayner: *M. Shukurov*  
Musahhib: *H. Zokirova*

O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati **nashriyoti**,  
100029, Toshkent shahri, Matbuotchilar ko'chasi, **32-uy**.  
Tel.: 236-55-79; faks: 239-88-61.

Nashriyot litsenziyasi: AI №216, 03.08.2012.  
Bosishga ruxsat etildi 27.07.2012-y. «Tayms» garniturasida.  
Ofset usulida chop etildi. Qog'oz bichimi 60x84 1/16.  
Shartli bosma tabog'i 25. Nashriyot bosma tabog'i 25,5.  
Adadi 500 nusxa. Buyurtma № 27.

«START-TRACK PRINT» MCHJ bosmaxonasida chop etildi.  
Manzil: Toshkent shahri, 8-mart ko'chasi, 57-uy.