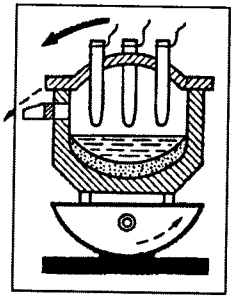
O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI

N. KATTAYEV

Kimyoviy texnologiya

O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi
Oliy o‘quv yurtlari talabalari uchun o‘quv qo‘llanma sifatida
tavsiya etgan



TOSHKENT
«YANGIYUL POLIGRAPH SERVICE»
2008

35.11
K28

Kattayev, Norqul.
Kimyoviy texnologiya: Oliy o'quv yurtlari talabalari uchun o'quv qo'l./N. Kattayev; O'zR oliy va o'rta-maxsus ta'lim vazirligi. — Toshkent: Yangiyul poligraph service, 2008. — 432 b.

BBK 35.11ya73

Ushbu o'quv qo'llanma kimyoviy texnologiyaning umumiy masallalari, nazariy asoslari, muhim kimyoviy ishlab chiqarish qismlaridan iborat.

Unda kimyoviy jarayonlarning qonuniyatlari va kimyoviy reaktorlarning nazariy asoslari sodda qilib 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 qismida O'zbekistondagi mavjud kimyo korxonalarining texnologik prinsiplari, chiqindisiz va kam chiqindili ishlab chiqarish jarayonlarining tuzilishi kengroq bayon qilindi.

Qo'llanma Oliy o'quv yurtlarining kimyo ixtisosligi bo'yicha ta'lim olayotgan talabalar uchun mo'ljallangan.

Taqrizchilar

Muhamadiyev M.G. — Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti polimerlar kimyosi kafedrasi dotsenti, kimyo fanlari nomzodi.

Mirzohidov X.A. — Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti polimerlar kimyosi kafedrasi dotsenti, kimyo fanlari nomzodi.

Yoriyev O.M. — BuxDU Umuviy kimyo va ekologiya kafedrasi mudiri, kimyo fanlari doktori.

ISBN 978-9943-309-61-6 «Yangiyul poligraph service» MCHJ, 2008.

SO‘ZBOSHI

Kimyo fani jamiyatning bevosita ishlab chiqaruvchi kuchiga aylanganligiga e’tiroz bildiradigan kishi bo‘lmasa kerak. Hozirgi kunda kimyo mahsulotlari va jarayonlari qo‘llanilmaydigan biron-bir soha yo‘q. 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 darajasini o‘sib borishini ta’minlashda salmoqli hissa qo‘shmoqda. O‘zbekistonda kimyoning rivojlanishida 1920- yilda Turkiston, hozirgi O‘zbekiston Davlat milliy universititetining tashkil etilishi muhim rol o‘ynadi. Natijada kimyoning turli sohalari bo‘yicha o‘zbek olimlari, akademiklar yetishib chiqdi.

O‘zbekistonda kimyo fanini rivojlantirishda akademiklardan: O.S. Sodiqov, S.Yu. Yunusov, H.U. Usmonov, M. N. Nabiyev, K.S. Ahmedov, B.M. Beglov, S.T. To‘xtayevlarning xizmatlari katta bo‘ldi. Respublikamizda kimyoviy texnologiya fani rivojiga professorlardan: N. Rizayev, N. Yusufbekov, S. Zokirov, Sh. G‘ulomov, A. Ortiqov, M. Yusupov, T. Otaqo‘ziyev, A. Yo‘lchiboyev, Z. Salimovlar salmoqli hissa qo‘shdilar.

O‘zbekiston Respublikasining davlat mustaqilligiga erishuvi, o‘ziga xos rivojlanish yo‘lini tanlab olishi, kadrlar tayyorlash tuzulmasini, uning mazmunini qayta tashkil etish, takomillashtirish zaruriyatini keltirib chiqardi. Shu zaruratdan kelib chiqib bir qator tadbirlar amalga oshirildi. Jumladan, ,,Ta’lim to‘g‘risida’’gi qonun va unga aloqador me’yoriy hujjatlar, ta’lim standartlari qabul qilindi. 1997- yilda O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar mahkamasi «Kadrlar tayyorlash Milliy dasturi»ni qabul qildi.

Milliy dasturda kadrlar tayyorlashning mavjud tizimi, ahvoli va muammolari sistemali tahlil etilib, uning qayta isloh qilinishi va yangi modeli yaratilishi zaruriyati asoslab berilgan. Milliy dasturning maqsadi yuqori malakali kadrlar tayyorlashning yaxlit tizimini barpo etish strategiyasi hamda asosiy yo‘nalishlarini, uning komponentlari: shaxs, jamiyat va davlat, uzluksiz ta’lim, fan, ishlab chiqarishning vazifalarini hal etishni nazarda tutadi.

Oliy ta'lim oldida turgan muhim vazifa tayyorlanadigan mutaxassislar saviyasini yuqori pog'onaga ko'tarish, ilg'or texnologik jarayonlarga suyanib ish ko'ruvchi, yangi g'oyalarni amalga oshiruvchi, fanni ishlab chiqarish bilan bog'lovchi milliy dastur talablariga to'liq javob bera oladigan yetuk kadrlar tayyorlashdan iboratdir. Bu esa o'z navbatida zamon talablariga javob bera oladigan Davlat tilida 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 qo'llanma Oliy o'quv yurtlarining kimyo ixtisosligi dasturlari asosida tayyorlandi. Qo'llanmada hozirga qadar faqat rus tilidagina mavjud bo'lgan, darslik va qo'llanmalarimizda 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, havo sovitkichli kontakt apparatlari, ammiak sintezida qaynar qatlamli katalizatorli sintez kolonnasi, metan konversiyasida is gazi, metanning birgalikdagi konversiyasi va hokazo).

Ushbu qo'llanmaga bergan taqriz va maslahatlari uchun Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston milliy universiteti polimer kimyosi kafedrasi dotsentlari M.G. Muhammediyev, H.A. Mirzohidovga, professor A. Yo'lchiboyevga, foydali fikr va mulohazalarini bildirganliklari uchun Toshkent kimyo texnologiya instituti professori T. Otaqo'ziyevga, Buxoro davlat universiteti professori O. Yoriyevga minnatdorchilik bildiramiz.

Qo'llanma muallifning ko'p yillik pedagogik tajribasidan kelib chiqib, o'zbek tilida birinchi marta yozilganligi uchun ayrim kamchiliklardan holi emas, shu sababli barcha fikr va mulohazalarini mamnuniyat bilan qabul qilamiz va oldindan o'z minnatdorchiligimizni bildiramiz.

BIRINCHI QISM

KIMYOVIY TEXNOLOGIYANING UMUMIY TUSHUNCHALARI

I BOB. KIRISH. KIMYOVIY TEXNOLOGIYA FANI VA UNING MUHIM VAZIFALARI. KIMYOVIY ISHLAB CHIQARISHNING AHAMIYATI VA TARAQQIYOTI

1- §. Kimyoviy texnologiya fani va uning muhim vazifalari

Texnologiya so'zi yunoncha **texnos** — kasb, hunar, mahorat, **logos** — fan so'zlaridan olingan bo'lib, kasb-hunar, mahorat haqidagi fan demakdir. Ammo bunday ma'no hozirgi zamon texnologiyasining mazmuniga to'liq mos kelmaydi.

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) majmuidir. Har qanday kimyoviy mahsulotni ishlab chiqarish bir qancha mexanik, kimyoviy va fizik-kimyoviy jarayonlardan iboratdir. Ular birgalikda texnologik jarayonni tashkil etadi.

Texnologiya atamasi fan bilan ishlab chiqarishni bog'lovchi ko'prik ma'nosini ham anglatadi. Texnologiyaga berilgan bu ta'rif ikki yoqlama tabiatini belgilaydi. Texnologiyani ishlab chiqarish va ishlab chiqarish jarayonlarining bir butunligi haqidagi fan deyish mumkin.

Xomashyoni qayta ishlab mahsulotga aylantiradigan mashina-apparatlar majmuiga *texnologik sistema* deyiladi.Tegishli mashina va apparatlarda boradigan operatsiyalarni birin-ketin ta'riflash yoki grafik shaklida tasvirlashga *texnologik sxema* deb ataladi.

Texnologiya ikkiga — mexanik va kimyoviy texnologiyaga bo'linadi.

Mexanik texnologiya qayta ishlanadigan materiallarning faqat shakli va ba'zan fizikaviy xossalarining 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 apparatlarni o'rganadi.

Texnologiyaning bunday bo'lishi 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 boradi, kimyoviy jarayonlar esa o'z navbatida mexanik jarayonlar bilan birgalikda sodir bo'ladi.

Kimyoviy texnologiyaning muhim vazifasi kimyoviy mahsulotlarni ishlab chiqarishda u yoki bu kimyoviy reaksiyalarning borishi uchun qulay, optimal iqtisodiy samarali usullar va sharoitlarni qidirib topishdir.

Kimyoviy texnologiya xomashyoni kimyoviy qayta ishlashni boshqarish jarayonlarini, ijtimoiy va iqtisodiy omillarni resurslar bilan ta'minlash va ishlab chiqarishdagi xavfsizlikni ta'minlash, parametrlarning (harorat, bosim, jarayon, konsentratsiya, xomashyoni qayta ishlash tezligi va boshqalar) optimal qiymatlarini topish, apparatlarni tayyorlash uchun materiallarni tanlash, jarayonning texnologik sxemasini yaratish va ishlab chiqarishni yo'lga qo'yish kabi ishlarni bajaradi. Bularni amalga oshirishda u kimyo va fizikaning asosiy (fundamental) qonunlaridan foydalanadi.

2- §. Kimyo sanoatining ahamiyati

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

Kimyo sanoati mana shu yuqorida nomlari qayd qilingan 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, dori-darmonlar, 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 nomda, plastmassadan esa 50 ming nomda buyumlar ishlab chiqarilmoqda. Kimyo sanoati hozirgi paytda 50 mingdan ortiqroq nomdagi kimyoviy mahsulot ishlab chiqarmoqda.

Sayyoramiz aholisi sonining keskin ravishda o'sib borishi, ekin maydonlarining cheklanganligi, oziq-ovqat mahsulotlarining yetishmasligi sababli avvalo hayvonlar uchun ($CaHPO_4$ va $CO(NH_2)_2$ 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 foizi mikrobiologik sintez yo'li bilan qayta ishlansa, Yer yuzi aholisining (ularning soni hozirgi kunda 6,3 mlrd kishi, 2006- y.) oqsilga bo'lgan talabini qondirish mumkin.

Dunyodagi ko'pgina rivojlangan mamlakatlarda biotexnologik usullar yordamida ozuqa oqsili, oqsil vitaminli konsentratlar, fermentlar, turushlar, aminokislotalar, garmonlar (masalan, o'sish garmoni somatotropin), antibiotik dorilar va boshqalar ishlab chiqarilmoqda.

3- §. Kimyoviy ishlab chiqarishning paydo bo'lishi va taraqqiyoti

Kimyoviy ishlab chiqarish juda qadim zamonlardan (hatto ibtidoiy jamoa davridan) boshlangan. Yog'ochning yonishi inson tomonidan foydalanilgan birinchi kimyoviy reaksiyadir. Olov tufayli eng avvalo

kulolchilik va temirchilik hunarmandchiligi paydo bo'ldi. Loydan yasalgan buyumlar olovda pishirilgan, tug'ma metallar va ularning oksidlari olovda suyuqlantirilib mehnat qurollari tayyorlangan. Dastlab, Sharq xalqlari va O'rta yer dengizi sohillarida yashagan xalqlar: misrliklar, finikiyaliklar, yahudiylar, eronliklar, vavilonliklar, arablar, rumliklar, yunonlar va Uzoq Sharqda yaponlar va xitoyliklarda kimyoga oid bilimlar taraqqiy etdi. Ayniqsa, misrda kimyoga oid bilimlar boshqa mamlakatlarga nisbatan juda rivojlangan.

Qadimgi Misrdagi Fifa shahrining 4500- yillardan beri saqlanib kelayotgan qadimgi yodgorliklarida kulollar va shishasozlarning suratlari bor, arxeologik qazishlar natijasida eramizdan avvalgi 1700-yilga to'g'ri keladigan rang-barang shisha vazalar topildi. Misrliklar kulolchilik buyumlari ustiga sir berishni ham bilganlar. Mashhur Misr tadqiqotchisi Georg Ebers eramizdan avvalgi 1552- yilda tayyorlangan 20 metr uzunlikdagi yozuv qog'ozini topdi.

Misrliklar kamolga yetkazgan yana bir soha — bo'yoqlardir. Misrda buyumlar bo'yalgandan beri necha ming yillar (4 ming yildan ko'proq) o'tgan bo'lishiga qaramay, bo'yoqlar hozir ham o'zining tiniqligini, ajoyib yaltiroq jilosini yo'qotgan emas. Masalan, havorang bo'yoqni olaylik. Bu bo'yoq shishani mis tuzlari bilan birga suyultirib, suyuq qotishmani sovuq suvga quyish yo'li bilan tayyorlangan.

Misrliklar faqat mineral bo'yoqlarnigina emas, balki tabiiy organik bo'yoqlarni ham bilishgan. Ularning ko'pchiligi: purpur (qirmizi bo'yoq), indigo (ko'k bo'yoq), alizarin kabi bo'yoqlar qadimgi madaniy dunyoda juda mashhur bo'lgan. Qadimgi Misrda po'lat tayyorlashni ham bilganlar. Eramizdan 2900- yil oldin qurilgan Hufu piramidasida topilgan po'lat iskana buning dalili bo'la oladi. Bu davrda turli xildagi kosibchilik ham paydo bo'lgan. Kosiblar o'z xunarlarini sir saqlab, faqat o'z avlodlarigagina o'rgatib kelganlar. Shuning uchun ham texnologiya sekin rivojlangan va keng tarqalmagan. Ayniqsa, rudalardan metall ajratib olish, avval (6 ming yil ilgari) «bronza asri», keyinchalik (4 ming yil ilgari) «temir asri», davrlarida mis va bronza, keyinchalik temir va ulardan turli buyumlar yasash keng taraqqiy etdi.

Armaniston va Hindistonda, Kichik Osiyoda temir, oltin, kumush va ulardan turli taqinchoqlar, bezaklar, tangalar ishlab chiqarilgan. Qadimgi misrliklar va vavilonliklar g'isht, ohak oshlovchi moddalar,

dorivor moddalar, o'simlik moylarini ishlab chiqarishni ham bilganlar. Xitoyda ko'pgina mahsulotlarni - qand va qog'oz (II asr), chinni (VI asr), qora porox (VIII asr) ishlab chiqarish paydo bo'lgan.

O'rta asrlarga kelib alkimyogarlar noasl metallardan oltin olish, kasallarni tuzatish, kishilarni yoshartirish, umrni uzaytirish kabi xossalarga ega bo'lgan «Sirli falsafa toshi»ni axtarib topish uchun ko'p izlanganlar, natijada ba'zi moddalarni, jumladan, xlorid, sulfat va nitrat kislotalarini hamda bir qancha tuzlarni olishga muvaffaq bo'ldilar.

Kimyoviy texnologiya XVIII asrning oxirlarida mustaqil fan sifatida paydo bo'ldi va tez rivojlanib bordi. Chunki bu davr sanoat taraqqiyotida burilish yili bo'ldi. Natijada kimyoviy mahsulotlarga ehtiyoj keskin oshib ketdi.

Texnologiya so'zi dastlab Gyotengen 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.

1748- yilda Angliyaning Birmingem 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. 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 boshlandi, organik bo'yoqlar, sintetik dori-damonlar, atir-upa 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 inqilob bo'ldi, deyish mumkin. 1932- yilda S. V. Lebedov usulida sintetik kauchuk ishlab chiqarish tarmog'i paydo bo'ldi. 1930—1950- yillarda N. N. Semenovning zanjirli reaksiyalari sohasidagi kashfiyotlari natijasida yuqori malekular birikmalar: poletilen, polistirol, polivinil xlorid va boshqalar sintezi, plastmassalar, sintetik smolalar, sun'iy va sin-tetik 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.Lavuaze (1743—1791), I.F.Gemelin (1750—1817), N.N.Zinin (1812—1880), I.E.Marten (1824—1915), D.I. Mendeleyev (1834—1907), E.G.Solve (1838—1922), F.Geber (1868—1934), I.I.Andreyev (1880—1919), B.V.Bizov (1880—1934), S.I.Volfkovich (1896—1980), A.G.Kasatkin (1903—1963) va boshqalarni ko'rsatish mumkin.

O'zbekistonda kimyoviy texnologiya fanining rivojlanishida O'zbekiston fanlar akademiyasining haqiqiy a'zolari: O. S. Sodiqov, S. Yu. Yunusov, X. U. Usmonov, M. N. Nabiyev, K. S. Ahmedovlar yaratgan maktablarning xizmatlari katta ahamiyatga ega bo'ldi. Shuningdek, texnika fanlari doktorlari, professorlar N. Rizayev, I. P. Levsh, N. Yusufbekov, S. Zokirov, Sh. G'ulomov, A. Ortiqov, V. I. Levsh, M. Yunusovlar ham bu sahani rivojiga muhim hissa qo'shdilar.

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'ldi.

O'zbekistonda eng keksa kimyoviy ishlab chiqarish korxonasi (kichik-kichik sopol buyumlari ishlab chiqarishni hisobga olmaganda) 1906- yilda Farg'onada qurilgan Neftni qayta ishlash zavodidir. Ikkinchi shunday zavod Farg'onada (Melnikov nomli) 1915- yilda qurildi.

Ularda asosan kerasin 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 yetkazib beruvchi xo'jalik bo'lgani uchun, unda kimyo sanoatining vujudga kelishi asosan paxtachilik uchun zarur bo'lgan mineral 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 ammofos zavodlari, 2001- yilda Qizilqum fosforit zavodi qurilib ishga tushirildi. 1985- yilga kelib Respublikamizda to'yimli moddalarini 100 foizga aylantirib hisoblaganda 1 mln. 592 ming t. mineral o'g'it ishlab chiqarildi 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 Respublikamizming sementga bo'lgan ehtiyoji to'la qondirildi. Bu esa O'zbekistonda qurilish ishlarining rivojlanishiga katta ijobiy ta'sir ko'rsatdi.

Ikkinchi jahon urishidan keyingi tinch qurilish yillarida, chinni sanoati barpo etildi. Eng avval Toshkent chinni zavodi (1954- y.), keyinchalik Samarqand chinni zavodi (1975- y.), Angren chinni va sopol 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, Oltintopgan (1965- y.), Olmaliq (1980- y.) sulfat kislota ishlab chiqarish zavodlari, ko'pgina boshqa anorganik moddalar ishlab chiqarish korxonalari: Olmaliq tog'-kon metallurgiya kombinati, Angren kimyometallurgiya zavodi, Qo'ytosh ruda kombinati,

Muruntov tog'-metallurgiya kompleksi, Zarafshon gidrometallurgiya 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, ancha katta neft va ko'mir zaxiralari ham bor. Mana shu ashyolar Respublikamiz organik kimyo sanoatining paydo bo'lishi va rivojlanishiga sabab bo'ldi.

O'zbekistonda 1976- yilda 361 mlrd. m^3 gaz ishlab chiqarildi va bu sohada shu yiliyoq 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 asitelin: atsetaldegid, sirka, kislota, metil spirti, akrilonitril va boshqa bir qancha mahsulotlar ishlab chiqarish yo'lga qo'yildi. 1972- yilda bu kombinatda sintetik junnitron tolasi ishlab chiqarila boshlandi. Hozirgi paytda bu kombinat yiliga 41 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 elektrokimyo kombinatida kaprolaktam ishlab chiqaruvchi yirik sex ishga tushirildi. Shuningdek,1979—81- yillarda ishga tushgan Olmaliq kimyo zavodida endilikda sintetik kir yuvish vositalari, shampunlar, 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 kompleksi 2002- yilda qurilib ishga tushirildi. Unda har yili 125 tonna polietilen, 100 ming tonna oltingugurt va 1000 tonna suyuq propan gazi ishlab chiqarilmoqda. Bulardan tashqari Respublikamizda Farg'ona furon birikmalari kimyo zavodi (1942- y.), Yangiyo'l biokimyo zavodi, Andijon gidroliz zavodi (1953- y.), Toshkent va Farg'onada

polivinilxlor asosida sun'iy charm zavodi, 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.

1- jadval

O'zbekistonda 1990- yilgacha kimyoviy mahsulotlarning ba'zi muhim turlarini ishlab chiqarishning o'sish sur'atlari

Mahsulotning nomi	1913	1940	1950	1960	1970	1975	1980	1985	1990
Po'lat, ming t.	—	11	119	297	389	407,6	700	1200	
Neft, ming t.	13	119	1342	1603	1805	1352	2000		
Gaz, mlrd	—	0,007	0,0522	0,447	32,1	37,2	36,3		
Ko'mir, ming t.	—	3,4	14,75	3410	3747	5265	5800		
Mineral o'g'it (to'yimli moddalarini 100 % ga aylantirib hisoblaganda) ming t.	—	0,3	104,0	220,3		825,2	1221,5	1297	1912,3
Sulfat kislota, ming t.	—	—	72,7	235,4	497	980	1612		
Sement, ming t.	—	267	356,4	1190	3196	3536	6500	10400	
Kimyoviy tolalar, ming t.	—	—	—	0,8	1,6	22,3	32,4	51,8	
Plastmassa va sintetik smolalar, ming t.	—	—	—	6,0	8,2	21,4		76,3	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
O'simliklarni himoya qilishning kimyoviy vositalari, ming t.	—	—	—	—	23,5	27,0	42,4	44,6	
Sintetik yuvish vositalari, ming t.					4,6	16,2			
Sintetik ammiak, ming t.		—	—	171	1035	1312	27,9		

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 tavsiflanadi. 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) apparatning jadalligi; 6) apparatning 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 mezondir. 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 olinishi 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 quyidagilarni 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; 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 xarajatlaridan tashkil topadi.

Asosiy mahsulot tannarxidan shu xomashyodan olingan 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 materiallari, yoqilg'i va energiya bo'yicha sarfiyot koeffitsientlari aniqlanadi. So'ngra xomashyoni, materiallarni 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 elektrokimyoviy 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 foizni tashkil etadi. Ko'pchilik kimyoviy ishlab chiqarishlarda ish haqi tannarxning 20 foizini tashkil etadi. Yaroqsizlanish esa tannarxning 3—4 foizini tashkil qiladi. Tannarx tahlilidan 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 tavsiflanadi. Yuqori molekular birikmalarda esa uning molekulasining tuzilishi va fizik-kimyoviy xossalariga ham bog'liq bo'ladi. Tayyor mahsulot toza va konsentrlangan bo'lishi kerak. Begona aralashmalarning xarakteri 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 jadallash uchun ham juda muhimdir. Ko'p ming tonnali ishlab chiqarishlarda esa kimyoviy mahsulotlarda foydali komponentlarning konsentratsiyasini oshirish, ularni ortish, tushirish, tashish nuqtai nazaridan ham katta ahamiyatga egadir. Masalan, mineral o'g'itlarning tarkibida foydali komponentlarining miqdori 20—50 foizdan ortmaydi. Demak, yiliga 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 (qisqartirilib GOST deyiladi, GOST, ruscha Gosudarstvenniy standart so'zlaridan olingan) javob beradigan bo'lishi kerak. Hali standarti qo'yilmagan yangi mahsulot turiga talab, korxona yoki muassasaning texnik shartlari (TSh) bilan aniqlanadi. GOSTga binoan oziq-ovqat sifatida ishlatiladigan kislotalar, tarkibida kishi organizmi uchun zararli bo'lgan aralashmalar (qo'rg'oshin tuzlari, mishyak va boshqalar) saqlanmasligi kerak.

Apparatning jadalligi (intensivligi). *Apparatning jadalligi* deb, apparat mahsuldorligining uning har bir m^3 dagi foydali hajmi birligiga yoki apparat ishchi yuzasining 1 m^2 dagi kesimiga bo'lgan nisbatiga aytiladi:

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

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

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

Bunda, J — apparatning jadalligi; M — apparatning mahsuldorligi; V — apparatning hajmi (m^3); G — ishlab chiqarilgan mahsulot; τ — mahsulotni ishlab chiqarishga ketgan vaqt (soat); S — apparatning ishchi qismining yuzasi yoki ko'ndalang kesimi (m^2).

Masalan, ammiak sintezi apparatning jadalligi, sintez kolonnasining katalizator bilan to'ldirilgan qismining 1 m^2 maydonidan 1 soatda olingan ammiakning kg miqdori bilan (bu son 5000 kg/m^2 soatga teng) tavsiflanadi.

Intevsivlik bu turli kattalikdagi reaktorlarni taqqoslashning eng qulay ko'rsatkichidir. Chunonchi, 100 m^3 hajmli reaktor 10 m^3 hajmli reaktorga nisbatan 5 marta katta mahsuldorlikka ega bo'lishi mumkin, ammo bunda uning jadalligi kichik reaktornikidan 2 marta past, ya'ni u 2 marta sekin ishlaydi.

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

Apparat jadalligini oshirishning texnologik omillari: haroratni va bosimni oshirish, reaksiyaga kiruvchi reagentlar konsentratsiyasini oshirish, katalizatordan foydalanish, reaksiyaga kirishuvchi moddalarni aralashtirish kabilar bo'lishi mumkin.

Intensivlash faqat katta energiya talab etmasagina maqsadga muvofiqdir. Apparatning jadalligi va uning mahsuldorligi bir-biriga bog'liq bo'lgan ko'rsatkichlardir. Ishlab chiqarish jarayoni qanchalik jadalroq ketsa apparatning mahsuldorligi shunchalik katta bo'ladi.

Apparatning mahsuldorligi va qudrati. *Apparatning mahsuldorligi* deb, vaqt birligida shu apparatda ishlab chiqarilgan mahsulot yoki qayta ishlangan xomashyo miqdoriga aytiladi. Mahsuldorlik quyidagi formula bilan aniqlanadi:

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

Bunda, M — apparatning mahsuldorligi; G — ishlab chiqarilgan tayyor mahsulot (kg.t.); τ — vaqt (soat, soniya).

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

$$M = \frac{V_M}{R} \qquad (1.5)$$

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

Apparatning optimal sharoitda ishlaganda erisha oladigan eng yuqori mahsuldorligiga uning qudrati deyiladi.

Apparatning mahsuldorligi va qudratini uning o'lchamini oshirish orqali ko'paytirish mumkin. Apparatning hajmini kattalashtirish, odatda reaksion hajm birligida va ishlab chiqaradigan mahsulot birligida metall yoki boshqa konstruksion materiallarni iqtisod qilishga hamda ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishga olib keladi. Eng avvalo issiqlik yo'qotilishi, ya'ni atrof-muhitga chiqib ketishi va xomashyo bo'yicha xarajatlar kamayadi, apparatning intensivligi ortadi. Bunda ishchi va xizmatchilarning mehnat mahsuldorligi ham ortadi, chunki xizmat qiluvchilar shtati apparat mahsuldorligiga nisbatan kam darajada ortadi.

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

Material balansi. 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 kirim va chiqim qismlari bo'lib, har ikkala qismning qiymatlari yig'indisi ($E_{m\ kirim} = E_{m\ chiqim}$) teng bo'lishi kerak.

Material balansi 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 apparat va qurulmalar miqdori ko'p bo'lsa, bunday korxonani qurish uchun ko'p mablag' sarflanadi va yaroqsizlanishiga ham ko'p pul ajratiladi. Bundan tashqari korxonada ishlayotgan apparatlar 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 uzliksiz jarayonlarga almashtirishga harakat qilinadi.

Davriy deb, shunday jarayonlarga aytiladiki, bunda xomashyo apparatga solingan bir nechta qayta ishlash bosqichlaridan o'tgandan so'ng, hosil bo'lgan mahsulotlarning barchasi apparatdan chiqarib olinadi. Bunda apparatga xomashyo solinguncha va undan mahsulotlarni chiqarib olguncha apparat ishlamaydi. 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 apparatga xomashyoning tushishi va undan mahsulotning chiqarib olinishi uzoq muddatgacha to'xtovsiz davom etadi. Bunda apparat va qurilmalarning ishlamay turadigan bo'sh vaqti bo'lmaydi, apparatlarning mahsuldorligi yuqori bo'ladi. Xomashyoni ortish va mahsulotni tushirish ishlarini mexanizatsiyalash oson va barcha operatsiyalarni avtomatlashtirish yengil bo'ladi.

Mexanizatsiyalash bu odamning jismoniy mehnatini mashinalar mehnatiga almashtirishdir. Mexanizatsiyalash apparatlar ishini jadallash yoki xizmat shtatlarini qisqartirish hisobiga mehnat mahsuldorligini qonuniy ravishda oshiradi. Ko'pchilik kimyoviy korxonalarda asosiy operatsiyalar mexanizatsiyalashtirilgan. Ammo xomashyoni apparatlarga solish va mahsulotlarni undan chiqarib olish, materiallarni tashish kabi ishlarni hamma vaqt ham mexanizatsiyalashtirilgan deb bo'lmaydi.

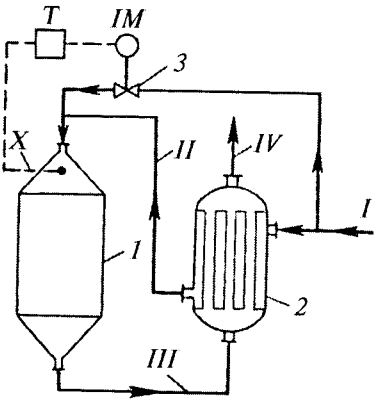
Avtomatlashtirish shu bilan tavsiflanadiki, bunda xodim ishlab chiqarish jarayonlarini bevosita boshqarish ishlaridan ozod qilinadi va bu funksiya avtomat qurilmalariga yuklanadi.

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 rejimning qandaydir biror parametrini o'lchab, axborotni regulyatorga yuboradi, u esa qabul qilgan o'lchov qiymatlarini, o'zidagi qiymatlar bilan taqqoslab ko'radi, agar o'zidagi qiymatlardan (ilgaridan berib qo'yilgan standart qiymatlar) og'ish sodir bo'lgan bo'lsa, ijrochiga komanda beradi, ijrochi kamchilikni tuzatadi. Kimyoviy korxonalarda o'lchagich asbobi moddaning haroratini, konsentratsiyasini yoki apparatga kiruvchi va undan chiquvchi gaz (yoki suyuqlik) oqimi tezligini o'lchaydi. Ijrochi asbob esa o'sha og'ishni tuzatib tenglashtiradi.

1- rasmda reaktorning harorat rejimini oddiy avtomatlashtirish sxemasi berilgan. Qaysiki, unda ekzotermik reaksiya borib, gazsimon

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



1- rasm. Reaktorning harorat rejimini oddiy avtomatlashtirish sxemasi. 1 – reaktor; 2 – quvirsimon issiqalmashtirgich; 3 – jo'mrak; I – dastlabki qizdirilgan gazlar aralashmasi (sovuq xomashyo); II – dastlabki qizdirilgan gazlar aralashmasi: III – ekzotermik reaksiyadan keyingi issiq gazlar aralashmasi (mahsulot); X – harorat o'lchagich (termopara); T – to'g'rilagich: IM – ijrochi mexanizm.

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

O'lchagich (masalan, termopara-X) reaktorga kirayotgan moddalar haroratini o'lchaydi, agar kerakli haroratdan ozgina chetlashgan bo'lsa, to'g'rilagichga o'tkazgich orqali signal beradi (to'g'rilagich — regulyator, oddatda elektron asbobi), u o'z navbatida ijrochi mexanizmga (IM) komanda beradi. IM bu reaktorga (1) kirayotgan sovuq gazlarni ochib yoki yopib turuvchi jo'mrak (ventil) (3) bo'lgan elektr motorcha bo'lishi mumkin.

Agar reaktorga kiradigan gazning harorati normadan ozgina ortiq bo'lsa, u IM jo'mrakchani 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'mrakchani bir oz berkitadi va gaz harorati normallashadi.

Murakkab kimyoviy-texnologik sistemalarni kompleks avtomatlashtirishda boshqaruvchi elektron hisoblash mashinalari qo'llaniladi. Ular turli o'lchov asboblaridan jarayonni 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.

Shuning uchun ham korxona va tashkilotlarda mehnat sharoitini yaxshilash hukumatimizning diqqat markazida bo'lgan muhim vazifalardan biridir.

Kimyo sanoatida tarmoqlar uchun alohida qoidalar texnika xavfsizligi normalari va har bir kimyoviy ishlab chiqarishni loyihalash, qurilish ekspluatatsiya qilish uchun sanoat sanitariya normalari ishlab chiqarilgan va ular amalda tatbiq etilgan.

Kimyo sanoati xodimlari zararli va zaharli gazlar, suyuqliklar, changlanuvchi va sochilib ketuvchi moddalar bilan hamda yuqori harorat va bosim ostida ishlashlariga to'g'ri keladi. Texnika xavfsizligi va mehnat muhofazasi qoidalarida va maxsus qonunlarda mehnatkashlarning xavfsiz ish sharoitlarini yaratish ko'zda tutilgan. Kimyoviy korxona binolarining ichida, korxona atrofida, havoda va suvda zararli kimyoviy moddalarning chegaralangan 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 hisoblanadi. Shu boisdan bunday korxonalarda yong'inning oldini olishning hamda ehtimoli tutilgan yong'inni tez bartaraf etishning keskin chora-tadbirlari ko'rilgan bo'ladi.

Kimyo korxonalarida yong'inga qarshi texnik va texnika xavfsizligi qoidalariga rioya etish, davlat inspeksiyasi organlari hamda zavod ichki xizmati xodimlari tomonidan nazorat qilib turiladi. Korxonaning har bir xodimi, shu jumladan, ishlab chiqarish amaliyotini o'tovchi talaba ham ishlaydigan ish joyiga hatto kimyo labaratoriyalariga ham umumiy ishlash qoidalarini o'zlashtirgandan va mehnat xavfsizligi instruksiya (ko'rsatma)larini olgandan so'ng qo'yiladi.

II BOB. XOMASHYO, ENERGIYA

1- §. Xomashyo

Har qanday ishlab chiqarishning muhim tarkibiy qismlaridan biri xomashyodir. Xomashyo — iste'mol mahsulotlari va ishlab chiqarish vositalarini olish uchun sanoatda ishlatiladigan tabiiy moddalardir. Kimyo sanoatida xomashyo asosiy omil bo'lib, ishlab chiqarilgan tayyor mahsulot tannarxining 60—70 % ini tashkil etadi.

Sanoatda 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 ishlanmagan tabiiy moddalardir. Biron bir ishlab chiqarish uchun xomashyo, yarimfabrikat, oraliq mahsulot, yarimmahsulot (asosiy material), qo'shimcha mahsulot va ikkilamchi ashyolar, dastlabki ashyo bo'lishi mumkin. Yarimfabrikat bu tabiiy xomashyoni sanoatda dastlabki ishlov berish natijasida olingan materialdir.

Oraliq mahsulot deb, xomashyo yoki yarimfabrikatdan olingan individual moddalarga aytiladi. Qaysiki, 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 narsalar va materiallarga — sanoatda ishlov berganda hosil bo'ladigan chiqindilarga aytiladi. Qaysiki, u chiqindilarni sanoatda qayta ishlab tayyor mahsulotga aylantirish iqtisodiy jihatdan 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'linishlar, albatta, nisbiydir. Masalan, nitrat kislota, ishlab chiqarish korxonasining tayyor mahsuloti bo'lsa, o'g'it ishlab chiqarish korxonasi uchun dastlabki ashyo hisoblanadi.

Xomashyolar turli belgilariga qarab sinflarga bo'linadi. Kelib chiqishiga qarab, ular mineral, o'simlik va hayvonot xomashyolariga, agregat holatlariga qarab, qattiq, suyuq, (neft, namakob), 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'ladi. Ruda tarkibidagi asosiy komponent — metalldan tashqari doimo begona aralashmalar ham uchraydi. Ishlab chiqarishda foydalanilmaydigan begona aralashmalar chiqindi, ba'zan «*bekorchi jism*» deb ataladi. Tarkibida ajratib olishga yetarli miqdorda bir necha metall saqlovchi rudalarga *polimetall rudalar* deyiladi. O'zbekistondagi rangli metall rudalari (masalan: mis-rux, qo'rg'oshin-rux-kumush) 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 berib, 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, 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, slanes, ko'mir, neft, tabiiy va yo'ldosh gazlar)

energiya manbai sifatida hamda qimmatbaho kimyoviy ashyo sifatida ishlatiladi.

O'simlik va hayvonot xomashyolari ishlatilish sohasiga qarab ikkiga: oziq-ovqat va texnik ashyolariga bo'linadi. Oziq-ovqat ashyolariga, asosan, ozuqa sifatida iste'mol qilinadigan (kartoshka, lavlagi, sut, g'alla, o'simlik, hayvonlar go'shti va yog'lari hamda boshqa) mahsulotlar kiradi.

Texnik ashyolarga esa, oziq-ovqat sifatida ishlatishga yaroqsiz bo'lgan, ammo kimyoviy va mexanik ishlov berilgan, turmushda va sanoatda, texnik maqsadlarda ishlatish mumkin bo'lgan ashyolar kiradi. Masalan, paxta, yog'och, yog'och smolasi, somon, zig'ir poyasi, kanop poyasi, 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'linish 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.

2- §. O'zbekistonda kimyo sanoatining paydo bo'lishi va rivojlanishi

O'zbekistonda 1930- yilgacha kimyoviy xomashyo manbalari yo'q edi, ular 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, xolsedon, amitist va boshqa konlar topildi.

Respublika mustaqil bo'lgandan so'ng kimyo sanoati keng rivojlandi. Masalan, 1991- yilda Toshkent viloyatida «Mediz» zavodi (bir marta ishlatiladigan shpritslar ishlab chiqarishga ixtisoslashgan), 1994- yilda Samarqand, Navoiy va Buxoroda marmar va granitni qayta ishlash qo'shma korxonalari tashkil etildi. 1995- yildan boshlab Farg'ona neftni qayta ishlash birlashmasi neft va gaz kondensatini qayta ishlay boshladi. 1998- yilda ushbu korxona rekonstruksiya qilingach 27 xil neft mahsulotlari bera boshladi.

1997- yilda Buxoro neftni qayta ishlash zavodi qurilib ishga tushirildi. 1998- yilda Buxoroda «Gufik — Avisenna» Buxoro Hindiston qo'shma farmasevtika korxonasi, 1999- yilda Navoiy viloyati hududida (Tomdi tumani) Qizilqum fosforit zavodi ishga tushirildi, Sho'rtanda polietilen ishlab chiqarish zavodi qurilmoqda (Qashqadaryo viloyatida).

O'zbekiston Respublikasi 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^3 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- §. 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: kremnizyom, 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 jadallash maqsadida konsentrlangan xomashyo ishlatishga harakat qilinadi. Buning uchun xomashyo boyitiladi, ya'ni uning tarkibidagi foydali tarkibiy qismining miqdori oshiriladi.

Xomashyo u qazib olingan joyda, maxsus boyitish korxonalarida boyitiladi. Bu holat ortiqcha transport harakatlarini (tashish, ortish, tushirish) tejaydi. Xomashyolarni 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 unsimon maydalash yoki kukunlashtirishga bo'lish mumkin. Tuyish maxsus mashinalarda 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 mashinalarni (2- rasm) maydalash usuliga qarab 5 tipga bo'lish mumkin:

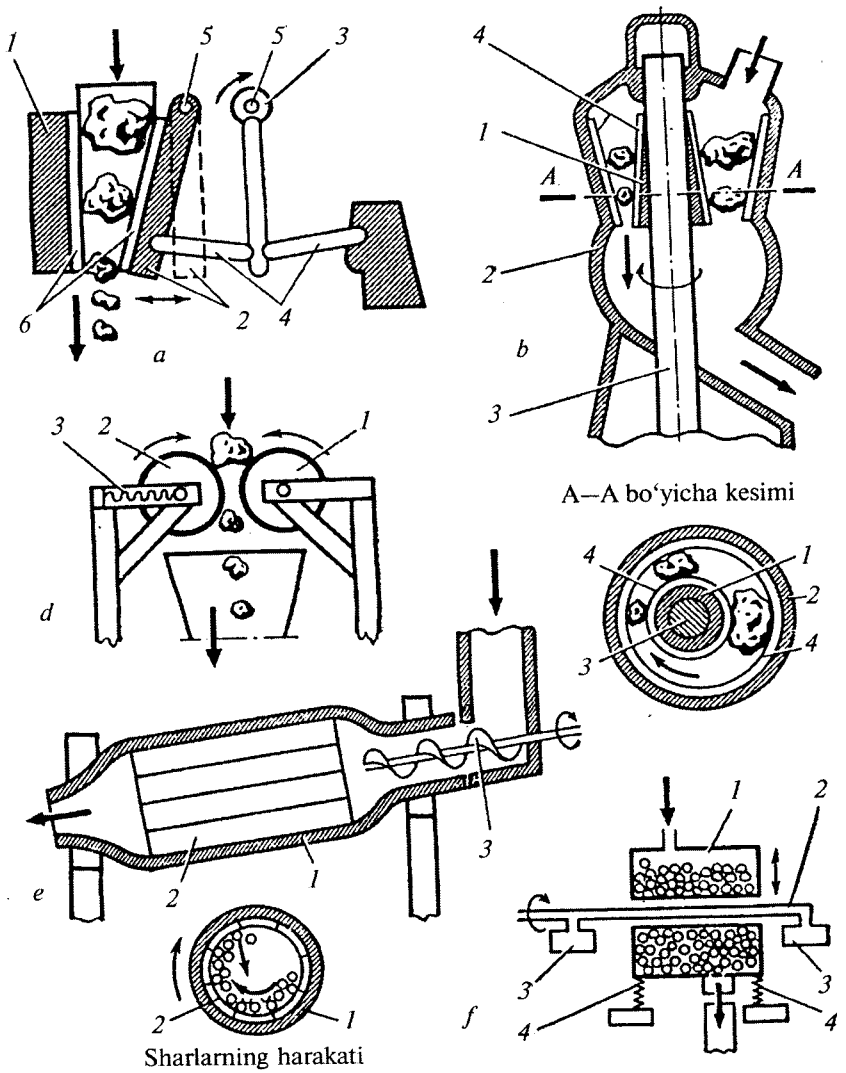
1. Jag'li maydalagich mashinaning asosiy ish organlari vazifasini qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan yassi qismlar bajaradi. Xomashyo qo'zg'aluvchan va qo'zg'almas yassi qismlar oralig'ining yuqori tomonidagi bo'shliqqa beriladi, bunda xomashyo qo'zg'aluvchan yassi qismning tebranma harakati ta'sirida tuyiladi. Maydalangan zarrachalar pastki tor tirqish orqali tashqariga chiqariladi.

2. Konusli tuyish mashinalari bir-biriga nisbatan ekssentrik (umumiy markazga ega bo'lmagan) holatda aylanadigan ikkita konuslar oralig'ida xomashyoni siqish, ezish prinsiplari yordamida maydalashga asoslangan.

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

4. To'qmoqli maydalagich, urib maydalashga asoslangan.

5. Sharli maydalagich (tegirmon) maydalovchi jismlar (metall yoki kvarsdan 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 ashyoni zarba kuchi va yeyilish natijasida maydalaydi.



Sharlarning harakati sxemasi

7- rasm. Maydalovchi mashinalar.

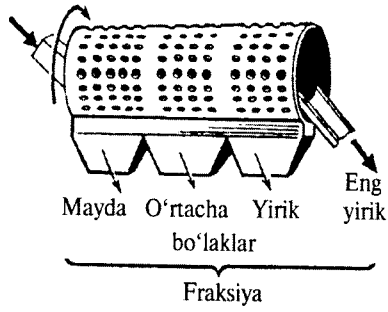
a – lunjli maydalagich: 1 – qo'zg'olmas yuzasi; 2 – harakat qiluvchi (qo'zg'aluvchan) yuzaning ikki holati; 3 – shatun; 4 – ochib-yopib turuvchi plitalar; 5 – vallar; 6 – marganetsli po'latdan yasalgan plitalar; b — konusli maydalagich; 1 — aylanuvchi konus; 2 — qo'zg'almas konus; 3 — val; 4 — marganetsli po'latdan yasalgan plitalar; d – valikli maydalagich: 1 – qo'zg'almas valik; 2 – harakat qiluvchi(qo'zg'aluvchan) valik; 3 – prujina; e – sharikli maydalagich; 1 – korpus; 2 – marganetsli po'latdan yasalgan plitalar; 3 – maydalanishi kerak bo'lgan materialni shnek yordamida ichkariga kiritilishi; f – tebranuvchi maydalagich; 1 – korpus; 2 – val; 3 – tebranuvchi yuk; 4 — prujina.

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 «bekorchi jinslar» esa, qoldiq yoki chiqindi deb ataladi. Qattiq xomashyoni boyitish uchga: mexanik, kimyoviy va termik usullarga bo'linadi.

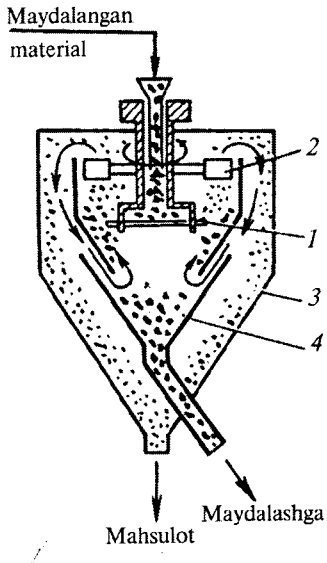
Mexanik boyitish usuli xomashyo tarkibiga kirgan liniyalarning turli fizik va fizik-kimyoviy xossalariga asoslanadi. Mexanik boyitish usuliga: navlarga ajratish, gravitasion ajratish, elektromagnitli va elektrostatikli separatsiya hamda flotatsiya usullari kiradi.

Navlarga ajratish. Xomashyo zarrachalarining katta-kichikligiga qarab fraksiyaga ajratiladi hamda boyitiladi. Agar xomashyo qattiqligi turlicha bo'lgan minerallardan iborat bo'lsa, yumshoqlari juda maydalanib ketadi. Qattig'i esa yirikroq bo'laklarga bo'linadi. U elakdan o'tkazilgandan so'ng yiriklari maydasidan ajratiladi, navlarga bo'linadi va bir yo'la xomashyo ham boyitiladi. Masalan, fosforid va appatit rudalar bekorcha jinslardan shunday yo'l bilan ajratiladi. Qattiq xomashyolar zarrachalarining katta-kichikligiga qarab g'alvirdan o'tkazish yo'li bilan navlarga ajratiladi. G'alvirlar yassi yoki silindrsimon bo'lishi mumkin. Navlarga ajratishni jadallash uchun g'alvir aylanishi, tebranishi, titrashi kerak. Maydalangan xomashyoni bir necha fraksiyalarga, navlarga ajratish uchun, u teshiklarining kattaligi turlicha bo'lgani 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'tkaziladi. (3- 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 usulda foydalaniladi. Quruq gravitasion usulda



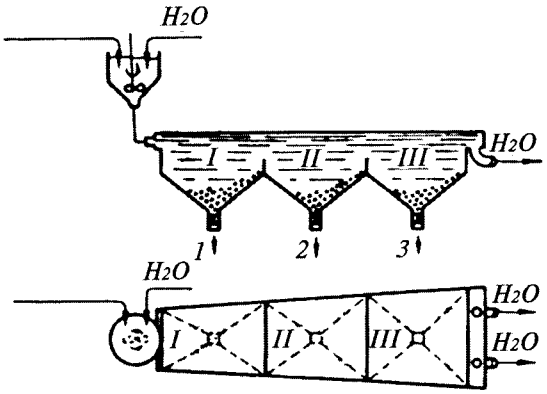
3- rasm. Baraban g'alvir.



4- rasm. Havo separatori sxemasi.
1 – aylanuvchi tarelka;
2 – ventilyatorning qanotchasi; 3 – tashqi konus;
4 – ichki konus.

boyitish havo oqimida cho'ktirish orqali yoki separator mashinalarda olib boriladi. Havo separatorining tuzilishi 4- rasmda berilgan. U ikki: ichki va tashqi konusdan xomashyoni changitib to'kuvchi qurilma hamda havoni aylantiruvchi moslamadan qurilgan. 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.

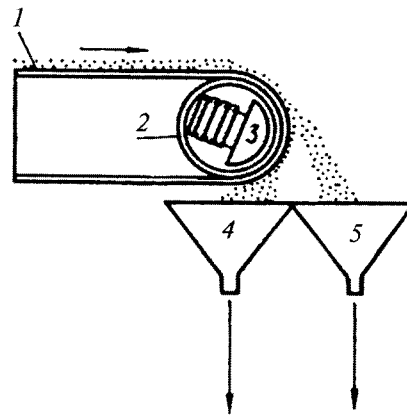
Ho'l usulda boyitish, asosan, suv oqimida tindirgich sistemalari, shag'al yuvgichlar, gidravlik saralagich, konsentratsion stol, cho'ktiruvchi mashinalar va gidrosiklonlar yordamida olib boriladi. Cho'ktiruvchi mashinalarda boyitish, eski usullardan biri bo'lib, temir rudalari, toshko'mir, qalay, volframli va boshqa rudalarni, oltin, kumush, platina, olmos, saqlovchi qumlarni boyitishda keng qo'llaniladi (5- rasm).



5- rasm. Ho'l usulda gravitasion boyituvchi cho'ktirish mashinasining sxemasi.
I, II, III – cho'ktirish bo'lmalari; 1 – og'ir(yirik donasi) fraksiya;
2 – yengil (mayda donali) fraksiya; 3 — eng mayda donali fraksiya.

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 cho'ktirish bo'lmasiga ajratilgan tindirgichga quyiladi. Eng katta va og'ir zarrachalar tez cho'kkanligi uchun birinchi bo'lmaga cho'kadi, o'rtachasi ikkinchi va yengil zarrachalar uchinchi bo'lmachaga cho'kadi.

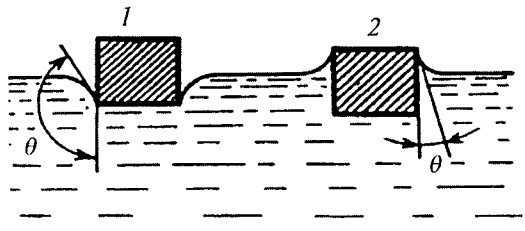
Nihoyat, eng yengil va mayda zarrachalar suv bilan tindirgichdan chiqib ketadi. Bo'lmalar sonini ko'paytirish bilan xohlagancha fraksiyalarga ajratib olish mumkin. Elektromagnitlik boyitish usuli paromagnitli yoki ferromagnitli ashyolarni diamagnitli materiallardan ajratishda qo'llaniladi (6- rasm). Masalan, magnit temirtosh (Fe_3O_4), xromitli temirtosh ($Fe_2O_3 \cdot Cr_2O_3$) va boshqa magnitga tortiluvchi minerallarni bekorchi jinslardan ajratishda qo'llaniladi. Bu mashinadan xomashyolarni maydalashdan oldin unga aralashib qolgan po'lat siniqlarini ajratish uchun ham foydalaniladi. Aks holda, maydalagichlarga tushib qolsa, ularni sindirishi mumkin.



6- rasm. Elektromagnitli separatorning sxemasi.
1 – transporter tasmasi;
2 – transporter barabani;
3 – elektromagnit; 4,5 – bunkerlar.

Elektrostatikli boyitish usuli materiallarni turlicha elektr o'tkazuvchanligidan foydalanib ajratishga asoslangan. Masalan, temir kolchedoni bilan mis kolchedoni (xalkopirit – $CuFeS_2$), qo'rg'oshin yaltirog'i, tug'ma metallar saqlovchi 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 tok sozlagichga ulangan bo'ladi. Elektrni yaxshi o'tkazuvchi zarrachalar manfiy zaryadlanib bunkerdan itariladi va boshqa yig'gichga, 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, unda polimetall sulfidli rudalar boyitiladi. Appatitlar nefelindan ajratiladi, oltingugurtli rudalardan konsentraktlar olinadi, toshko'mir va ko'pgina tuzlar boyitiladi. Bu usulda xomashyo tarkibidagi mayda zarrachalarning suvda ho'llanish darajasi har xilligidan foydalaniladi. Materiallarning ho'llanish darajasi — bu qattiq zarracha, suyuqlik va havo chegarasida hosil bo'luvchi ho'llanishning chekka burchagi kattaligi hisoblanadi (7- rasm). 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.



7- rasm. Ho'llanishning ta'siri.
1 — o'tmas chekka burchak; 2 — o'tkir chekka burchak.

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 puflansa, 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 qavati 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 (regulyatorlar)ga bo'linadi.

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

Yig'gichlar — organik moddalar bo'lib, molekulasi qutbsiz (uglevodorodli) va qutbli (karboksil, gidroksil, amin va boshqa) qismlardan tuzilgan bo'ladi. Bunday moddalar o'zining qutbli guruhlari bilan qattiq zarracha yuzasiga absorbsiyalanib, uning gidrofobligini 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 (SnO_2, Fe_2O_3, MnO_2) saqlovchi minerallar (appatit ($Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaF_2$), flyurit ($NaAlF_6$), barit ($BaSO_4$) va boshqalar) uchun yuqori alifatik aminlar ishlatiladi.

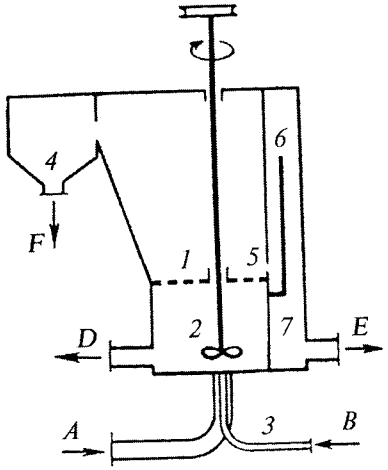
Regulyator — to'g'rilovchi, reagentlarning tanlab ta'sir etish xossasini oshirish uchun xizmat qiladi. To'g'rilovchilardan bir xillari yig'gichlarni absorbsiyalanishini tezlashtirsa, boshqalari esa flotatsiyalanishi kerak bo'lmagan zarrachalarga absorbsiyalanib, ularning gidrofilligini oshiradi. Regulyatorlar,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

Xomashyoni boyitish uchun ikki tipdagi flotatsiya mashinalari ishlatiladi:

1. Kamerali (bo'lmali) mashina. Bunda pulpa havo bilan mexanik usulda aralashtiriladi.

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

Kamerali mashinalarda bir necha bo'lmalar bir-biri bilan tutashtirilgan bo'lib, har bir bo'lma (kamera) ichida va bo'lmalar 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. 8- rasmda bu mashinaning bitta bo'lmasini uzunasiga kesmasi ko'rsatilgan. Bo'lmaning ostki qismida quvurchalar orqali ko'pik hosil qilish uchun havo hamda flotoreagentlari bo'lgan toza pulpa kiritiladi.



8- rasm. Aralashtirib flotatsiyalash mashinasining bo'lmasi.
1 – gorizontal boshoqsimon panjara; 2 – aralashtirgich; 3 – havo yuborish uchun quvircha; 4 – konsentratni chiqarib olish bo'lmasi; 5 – teshik; 6 – ostona; 7 – oraliq bo'lma; A – pulpa kiritiladigan joy; B – havo kiradigan joy; D – konsentrat chiqarib olinadigan joy; E – oraliq mahsulotlar chiqaradigan joy; F – yirik zarrachalar chiqariladigan joy.

Bo'lma, gorizontal holda o'rnatilgan chambara yordamida ostki aralashtiruvchi va ustki ajratuvchi qismlarga ajratilgan. Ustki ajratuvchi bo'lmadan 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 flotoreagentlar yordamida flotatsiyalanadi. Bo'lmasa chiqindi sifatida tashlanadi. Konsentrat tindirgichlarda suvdan ko'pikdan ajratiladi. Filtrdan o'tkaziladi va quritiladi.

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

Termik boyitish. Xomashyoni 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 usullar komponentlarni tashkil etuvchi qismlarning kimyoviy xossalarini har xilligidan foydalanib xomashyoni boyitishga asoslangan.

4- §. Suyuq xomashyoni boyitish

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

Bug'lantirish, kislotalar, asoslar, tuzlar va mineral o'g'itlar 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, yoki begona aralashmalari kristall holda cho'kmaga tushadi. Yoki eritmadagi kalloid aralashmalarni, polimerlarni koagulyatsiyaga 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 komponentlarda birini yoki bir nechtasini selektiv (tanlab) eritish orqali ajratiladi. Bunda eritib oluvchi — selektiv erituvchi eritma bilan ikki qatlam hosil qiladi. Shundan foydalangan holda, ular ajratib olinadi, erituvchi haydaladi va yana erituvchi sifatida ishlatiladi, erituvchidan

qolgan moddalar esa aralashmalar sifatida alohida olinadi. Masalan, nitrobenzol, furfurol yoki boshqa qutbli erituvchilar yordamida surkov moylari turli zararli aralashmalardan tozalanadi.

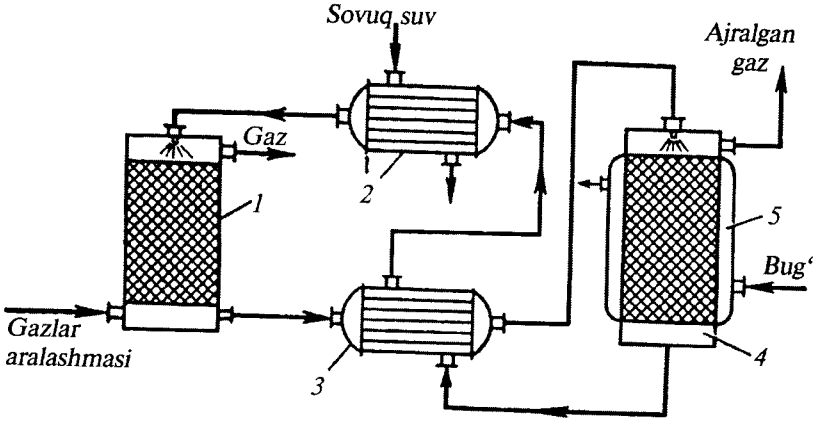
Uglevodorodlar, spirtlar, aldegidlar, moy kislotalari va boshqa ko'pgina organik moddalarni ajratib olishda ekstraksiyalovchi modda sifatida dietil efir, benzol, dimetilformamid, xloroform va boshqalar ishlatiladi. Rektifikatsiya, neftni qayta ishlashda va organik moddalar ishlab chiqarishda keng qo'llaniladi. Bu usul moddalarning qaynash haroratining har xilligiga asoslangan bo'lib, moddalarni tozalash va ajratish maxsus apparatlarda — rektifikatsiya minoralarida olib boriladi.

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'tkazish); 2) suyultirilgan gazlar aralashmasini ketma-ketlik bilan bug'lantirish yoki rektifikatsiyalash; 3) absorbsiyalash va desorbsiyalash; 4) absorbsiyalash va desorbsiyalash.

Ketma-ketlik bilan kondensatsiyalash usuli gazlar aralashmasi komponentlarining suyuqlanish haroratlari 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 adsorbsion — desorbsion usuldir. Bu usulda gaz aralashmasi tarkibidagi komponentlardan biri sovuq yo erituvchida tanlab yuttiriladi. So'ngra absorbsiyalangan gaz eritmani qizdirish yo'li bilan ajratib olinadi. Absorbsiya — desorbsiya qurilma sxemasi 9- rasmda berilgan.

Bunda adsorblovchi suyuqlik avval adsorberni yuqoridan sug'oradi, unga qarama-qarshi oqimda esa, ostdan gazlar aralashmasi kiritiladi. Absorbsiyalangan 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 sovub, yana adsorberga keladi. Shunday qilib, erituvchi suyuqlik ketma-ket bir necha marta aylanadi (sirkulyatsiyalanadi).



9- rasm. Absorbsiya – desorbsiya usulida gazlarni ajratish qurilmasining sxemasi.
1 — adsorber; 2 — sovitgich; 3 — issiqlik almashtirgich; 4 — desorber; 5 — isituvchi g'ilof.

Bu usulda gazlarni etanolaminning 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 qo'llaniladi.

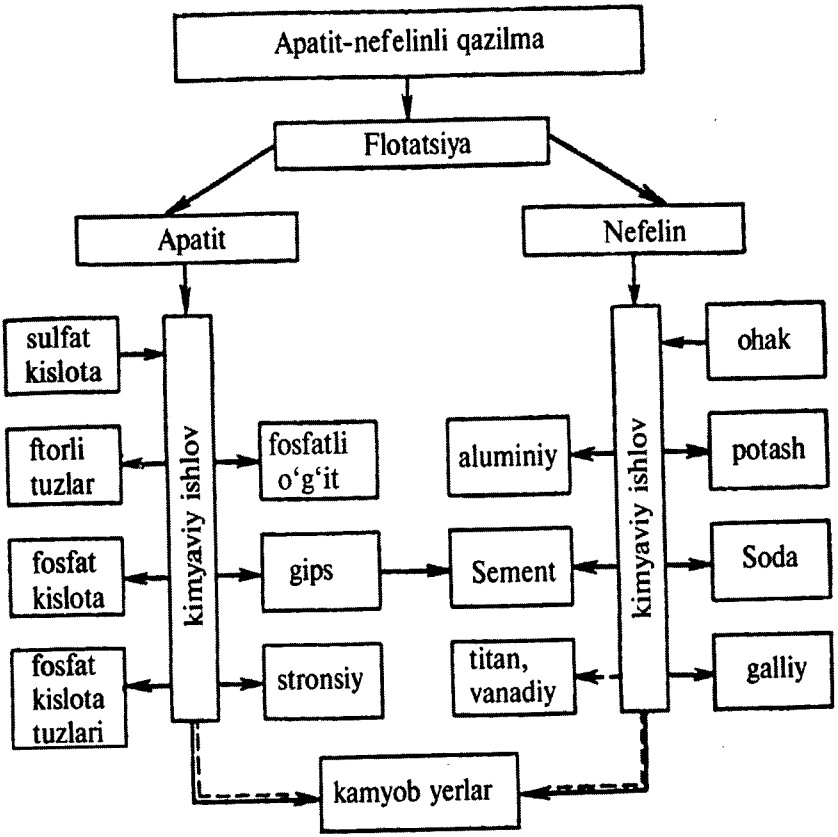
Adsorbsion — desorbsion usulda aralashmalar qattiq adsorbentga yuttirib ajratiladi. Bu usul adsorbsion — desorbsion usuldan adsorbentning agregat holati bilan farq qiladi.

6- §. Xomashyodan kompleks foydalanish. Chiqindisiz texnologiya

Xomashyodan 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. Qaysiki, u tabiiy resurslardan va energiyadan ratsional foydalanish hamda atrof-muhitni himoya qilish imkoniyatini beradi.

Chiqindisiz texnologiyani amalga oshirishning asosiy yo'li bu 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 (10- rasm).

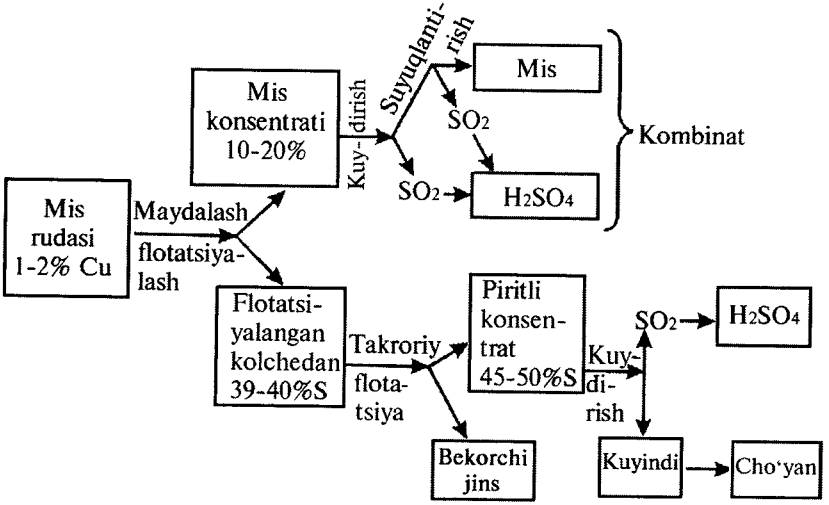


10- rasm. Apatit — nefelinli xom ashyodan kompleks foydalanish sxemasi.

Xibin koni apatit-nefelinli mineral 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 nafelinga ajratiladi. Apatitni sulfat kislotali usul bilan qayta ishlanganda 90 % fosfor 50 % ftor 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. glinazyom (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 element ajratib olinmoqda va 40 xil tovar mahsuloti tayyorlab chiqarilmoqda. Mis rudalarida tarkibidagi 25 elementdan 21 tasi ajratib olinmoqda. Mis kolchedanini kompleks foydalanish sxemasi 11- rasmda berilgan.



11- rasm. Mis kolchedanini qayta ishlash sxemasi.

Bunda mis konsentratini kuydirishda hosil bo'ladigan SO_2 gazi (4—8 %) ushlab olinib (ilgari atmosferaga chiqarilib yuborilar edi) sulfat kislota olish uchun foydalanilmoqda. 1 t. mis olganda ajralib chiqqan SO_2 dan 10 t. gacha sulfat kislota ishlab chiqarish mumkin.

Organik xomashyolarni kompleks foydalanishga ham ko'pgina misollar keltirish mumkin. Masalan, koks kimyo 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 qo'shish (quramalash) 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 korxonalari uchun beton to'ldiruvchisi, g'isht xomashyosi, sement xomashyosi va avtomobil yo'llari uchun mustahkam qoplamalar qilishda ishlatiladi.

7- §. Energiya

Kimyoviy jarayonlar energiyaning 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'lchov 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'i miqdori bilan

(kvt.s/t, kj/kg, kg/m^3) baholanadi. Masalan, sintetik ammiak 3200 kvt.s/t, aluminiy — 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, yadro, kimyoviy va nur energiyalaridan foydalaniladi. Bulardan eng ko'pi issiqlik energiyasi bo'lib, shartli yoqilg'iga aylantirib hisoblaganda u 50 % ni, bevosita issiqlik sifatida 10 % ni tashkil etadi. Qolgan 40 % energiyani esa elektr energiyasi tashkil etadi. Boshqa tur energiyalarning ulushi juda kam bo'ladi.

Elektr energiyasi: elektrokimyoviy jarayonlarni (suyuqlanma va eritmalarni elektroliz qilish va boshqalar) amalga oshirish uchun, elektrotermik (qizdirish uchun) va elektromagnitli (rudalarni elektrmagnit usulida boyitishda) jarayonlar hamda elektr energiyasi talab qiluvchi boshqa operatsiyalar (changlarni, tumanlarni elektrofiltrlarda cho'ktirish uglevodorodlarni elektrokrering qilish va boshqalar) uchun sarflanadi. Turli fizikaviy operatsiyalarni: maydalash, yanchish, aralashtirish, sentrifugalash, tashish, qadoqlash, ventilyatorlarni, 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, chinni 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. Qaysiki, ular maxsus bug' qozon qurilmalari yoki IES larida hosil qilinadi.

Yadro energiyasi bevosita radiatsion kimyoviy jarayonlarni o'tkazishda foydalaniladi. Bunda radioaktiv nurlantirish (γ- va β-

nurlar, yoki neytronlar bilan) orqali polimerlanish reaksiyalarini amalga oshirish, polimerdan yasalgan buyumlarni mustahkamligini oshirish, qotirish, fenol, anilin va boshqa mahsulotlarni sintezlash kabi jarayonlarda amalga oshiriladi. Ammo yadro energiyasi, asosan, elektr energiyasi olish uchun foydalaniladi. Hozirgi paytda dunyoda 300 dan ortiq AESlar 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 akkumlyatorlarda) 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. Ortiqcha 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 (megaJoul) 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 yetarlidir.

Nur energiyasi, ultrabinafsha, infraqizil, lazer nurlanishi energiyalari kimyo sanoatida keng qo'llanilmoqda. Masalan, vodorod xlorid sintezi, organik birikmalarni galogenlash, izomerlash reaksiyalari, suvni zaharsizlantirish va boshqalarda.

Nur energiyasini elektr energiyasiga aylantirib 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.

III BOB. SUV

1- §. Kimyo sanoatida suv

Suv sayyoramiz yuzasining 70 % ni tashkil etadi. Uning umumiy hajmi 1 mlrd. 345 mln. km^3 (1 km^3 1 mlrd. tonnaga teng). Shundan 1 mlrd 137 mln. km^3 yoki 94,1 foizi sho'r, ichishga yaroqsiz suv bo'lib, dengiz va okeanlarda to'plangan. Muzliklardagi (quruqlikning 11 foizi muzliklardan iborat) suv 24 mln. km^3 yoki 1,6 % dir. Ko'l va daryolar suvi 231,2 ming km^3, atmosfera suvlari 14 ming km^3, yer osti suvlari 75 ming km^3. Yerda ichishga yaroqli suv miqdori 4—5 mln. km^3 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 xossalar (universal erituvchi ekanligi, rangsiz, hidsiz, ta'msiz, 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 (masalan: sulfat, nitrat, fosfat, kislotalarini, ishqor va asoslarni ishlab chiqarishda, vodorod olishda, gidroliz va gidratlash reaksiyalarida va boshqalar) sifatida ishlatiladi.

Suvning eng yirik iste'molchilaridan biri kimyo sanoatidir. Shuning uchun ham kimyo korxonalari suv manbalariga yaqin joylarda quriladi. Masalan, ayrim kimyoviy mahsulotlarning 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^3/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 sarfini 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. Yer usti suvlari (daryo, ko'l, dengiz va okean suvlari). 3. Yer osti suvlari.

Atmosfera suvlari — yomg'ir va qor suvlari bo'lib, tarkibida begona aralashmalari kamligi bilan tavsiflanadi. Uning tarkibida tuzlar bo'lmaydi. Asosan, suvda erigan gazlar (O_2, SO_2, H_2S, azot oksidlari, oltingugurtning kislorodli birikmalari organik moddalar) bo'ladi.

Yer usti suvlari — daryo, ko'l, dengiz, okean suvlari bo'lib, tarkibida D. I. Mendeleyev 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 yoyib chiqilsa, 45 m qalinlikda tuz qatlami bilan qoplangan bo'lur edi. Dengiz va okean suvlarida $23 \cdot 15^{15}$ t— Cl, $83 \cdot 10^{12}$ t — Br, $8 \cdot 10^{9}$ t — I, $16 \cdot 10^{14}$ t — Mg, $48 \cdot 10^{13}$ t — K, $1 \cdot 10^{10}$ t — Au, $28 \cdot 10^{8}$ 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 olmoqda. 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).

Yer osti suvlari — artezian, bo'loq, 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 manbai bo'lgan minerallashgan yer osti suvlaridan turli kimyoviy birikmalar ajratib olishdi. 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 alyumosilikatlar, 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, 1 ml suvda umumiy bakteriyalar miqdori 100 tadan oshmasligi kerak. Shundan ichak tayoqchasi 1 litr suvda uchtadan ko'p bo'lmasligi lozim. 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, apparatlarni ichiga cho'kib, uni tiqilib qolishiga, natijada mehnat unumdorligini kamayishiga yoki turli halokatlarga olib keladi, suvni ko'piklatib yuborishga, elektrolizyorlarning diafragmasini ifloslashga sabab bo'ladi.

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

Umumiy tuz miqdori (suv tarkibida) mineral va organik aralashmalarning borligi bilan tavsiflanadi. Uni aniqlash uchun 1 litr suvni bug'lantirilganda qolgan qoldiq o'zgarmas massaga kelguncha 110^0 C haroratda qizdiriladi. Hosil bo'lgan massa umumiy tuz miqdori bo'lib, u mg/l bilan o'lchanadi. Umumiy tuz miqdori bug'languncha qattiq qizdiriladi va sovigach, o'lchanadi. Massalar orasidagi farqdan organik aralashma miqdori ham aniqlanadi.

Suvning oksidlanishi uning tarkibida organik qo'shimchalarning borligi bilan tavsiflanadi. Suvning oksidlanishi, 1 litr suvni oksidlash uchun sarflangan $KMnO_4$ ning mg miqdori bilan aniqlanadi. Buning uchun 1 litr suv olinib, ortiqcha $KMnO_4$ bilan 10 daqiqa davomida qaynatiladi.

Suv muhiti uni muhim — kislotalilik yoki ishqoriylik darajasi vodorod ionlarining konsentratsiyasi ya'ni, pH bilan tavsiflanadi va 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 tavsiflanadi. Qattiqlik 1 litr (1 dm^3) suvda bo'lgan Ca^{2+} yoki Mg^{2+} ionlarining milligramm ekvivalent miqdori bilan tavsiflanadi. Qattiqlik birligi qilib 20,04 mg/l Ca^{2+} ioni yoki 12,16 mg/l Mg^{2+} ioni qabul qilingan ya'ni 1 litr suvda 20,04 mg/l Ca^{2+} ioni yoki 12,16 mg/l Mg^{2+} ioni bo'lsa, bunday suvning qattiqligi 1 mg/ekv. ga teng bo'ladi.

Suvning qattiqligi uchga: muvaqqat, doimiy va umumiy qattiqlikka bo'ladi.

Muvaqqat (karbonatli) qattiqlik suvda kalsiy va magniy gidrokarbonatlarning borligi bilan tavsiflanadi. Suv qaynatilganda ular suvda erimaydigan karbonatlarga aylanib cho'kmaga tushadi. Natijada suv yumshaydi.

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2;$$

$$2Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3 + Mg(OH)_2 + 3CO_2 + H_2O$$

Doimiy (karbonatsiz) qattiqlik suvda kalsiy va magniyning gidrokarbonatlaridan boshqa barcha tuzlarining borligi bilan ajralib

turadi. Ular suvda 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 litr suvda Ca^{2+} va Mg^{2+} 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.

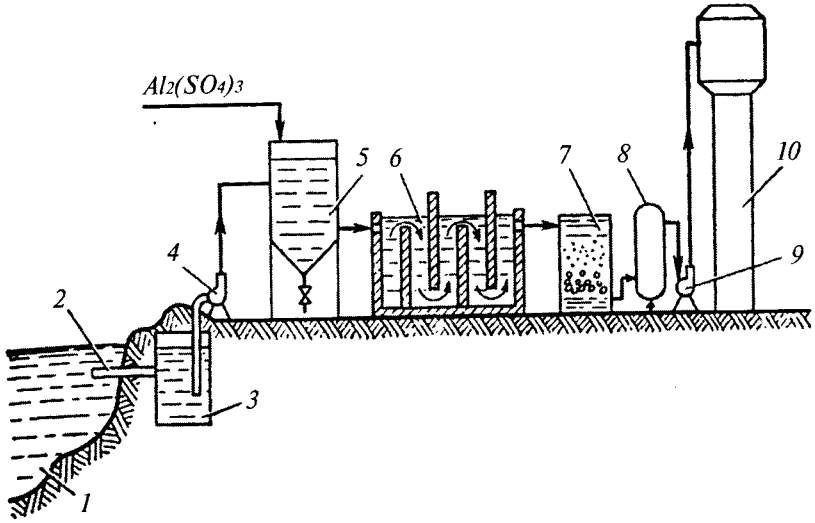
Undan tashqari bug' qozonlarining devori qattiq qizib ketadi, natijada po'lat oksidlanib o'z mustahkamligini yo'qotadi, kuyib teshiladi, hatto portlab ketadi. Qattiq suv ko'pgina texnologik jarayonlar uchun yaroqsiz hisoblanadi. Masalan, eritmalarni elektroliz qilishda sodani ammiakli (solve) usulida olishda, to'qimachilik, oziq-ovqat sanoatlari va boshqalarda.

Tabiiy suvdan tozalamay foydalanib bo'lmaydi. Suv manbalaridan keladigan suvni sifatini yaxshilash, *suvni tayyorlash* deyiladi. Suvni tayyorlash bu suvning tarkibidagi begona aralashmalardan tozalash uchun kompleks operatsiyalarni qo'llashdan iboratdir.

2- §. Ichimlik suvini tayyorlash

Ichimlik suviga alohida talablar qo'yiladi: u toza, tiniq, rangsiz, hidsiz, kimyoviy va bakteriyalar bilan ifloslanmagan bo'lishi lozim, ya'ni ichimlik suvi GOST talablariga javob berishi kerak.

GOSTga binoan ichimlik suvining 1 ml da bakteriyalarning umumiy soni 100 ta dan, ichak tayoqchasining miqdori 1 litr suvda uchtadan ortiq bo'lmasligi shart. 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 12- rasmda berilgan. Tozalash uchun suv havza (1)dan, ko'pincha oraliq quduq (dag'al tindirgich 3) 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 (2) himoya to'ri bilan jihozlangan bo'lib, yirik narsalarning, shu jumladan baliqlarning qurilmaga tushishini oldini oladi.



12- rasm. Ichimlik suvini tayyorlash sxemasi.
1 — suv manbai; 2 — suv olish joyi; 3 — dag'al tindirgich; 4 — birinchi ko'tarib beruvchi nasos; 5 — aralashtirgich; 6 — tindirgich; 7 — filtr; 8 — xlorator; 9 — ikkinchi ko'tarib beruvchi nasos; 10 — suv bosimi minorasi.

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 (4) yordamida aralashtirgichga koagulyatsiya ko'tarib beradi. Koagulyatorga elektrolitlar — $Al_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$ yoki boshqa birikmalarning eritmalari (koagulyantlar) ham quyiladi. Aralashtirgichda (koagulyator) 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 eritmalardan musbat zaryadlangan zarrachalar hosil qilib gidrolizlanadi. Qaysiki, bu zarrachalar manfiy zaryadli kalloid zarrachalarnnig yuzasiga adsorblanib uni neytrallaydi. Natijada zaryadsizlangan kalloid 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.

Aralashtirgichda quyidagi reaksiyalar boradi.

$$Al_2(SO_4)_3+6H_2O=2Al(OH)_3+3H_2SO_4$$

$$Al_2(SO_4)_3+3Ca(HCO_3)_2=2Al(OH)_3+3CaSO_4+6CO_2$$

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 absorbsiyalab cho'kadi, natijada suv tiniq bo'lib qoladi.

Koagulyant sarfi suvning ifloslanganlik darajasi bilan belgilanadi: bahor paytlarida $Al_2(SO_4)_3$ dan 120 g/m^3, yoz davrida 70 g/m^3 qishda esa 20 g/m^3 sarflanadi. Koagulyatsiya jarayonini tezlashtirish uchun ko'pincha iviqsimon cho'kmalarning hosil bo'lishi va uni cho'kishini tezlatuvchi qo'shimcha reagentlar flokulyantlar ishlatiladi. Flokulyant sifatida: aktivlangan silikat kislotasi, karboksimotilsellyuloza, 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

koagulyant qo'shish miqdori 2—3 marta kamayadi, iviqsimon cho'kmaning cho'kish tezligi 10—20 martagacha tezlashadi.

Suv aralashtirgichdan tindirgichga 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 tipdagi qum filtr orqali filtrlangach erishiladi. Suv (qalinligi 2 m gacha bo'ladi) bosim 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 1 m qalinlikdagi qum (kvars qumi)dan 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 tozalash uchun to'xtatiladi va filtrlash boshqasida davom ettiriladi. Odatda, filtrlardan bir nechta bo'ladi.

Koagulyatsiya, cho'ktirish, filtrlash nafaqat suvni begona aralashmalardan tozalaydi, tiniq qiladi, balki 70—80 % gacha mikroblardan ham tozalaydi. Ko'pchilik hollarda tozalangan suvda mikroblar miqdori me'yordan ko'p bo'ladi, shuning uchun filtrdan chiqqan suv zararsizlantirish uchun 8- apparatga yuboriladi. Zararsizlantirish — suvdagi bo'lgan mikroorganizmlar va bakteriyalarni: xlorlash, ozonlash, qaynatish va boshqa yo'llar bilan yo'qotishdir. Suv xlorlash 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.

$$Ca(ClO)_2+CO_2+H_2O=CaCO_3+2HClO$$

$$HClO=HCl+O$$

Suv xlorlanganda ortiqcha xlor, suvga ammiak yoki natriy sul'fit 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 xlorlangan suvdan farq qilib, xlor hidiga ega emas. Zararsizlantirish so'nggi yillarda suvni ftorlash (1 mg/l. gacha ftor, Na_2SiF_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 yordamida bosim hosil qilish minorasiga ko'tarib beriladi. Bu minora vodoprovodlarda suvning doimiy bosimini ta'minlab turadi.

3- §. Sanoat suvlarini tayyorlash

Sanoat suvlari uchun ham begona aralashmalarining miqdori me'yordan yuqori bo'lmasligi kerak va bu me'yor suvning qaysi tarmog'ida ishlatilishiga qarab turlicha bo'ladi. Masalan, to'g'ri oqimli bug' qazonlari uchun ishlatiladigan suv tarkibida qozon quvurlarini korroziyaga uchratuvchi CO_2 va O_2 bo'lmasligi hamda 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^{2+} va Mg^{2+}) qisman yoki to'liq yo'qotish orqali amalga oshiriladi.

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

Fizik usul, bu suvni qaynatish, distillash va muzlatishga asoslangan. Suv qaynatilganda muvaqqat qattiqlik 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 qattiqlik yo'qoladi, temir ioni va CO_2 ni bog'lab ajratib olinadi.

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O;$$
$$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + Mg(OH)_2 + H_2O + CO_2$$
$$FeSO_4 + Ca(OH)_2 = Fe(OH)_2 + CaSO_4$$
$$4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O = 4Fe(OH)_3$$
$$CO_2 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + H_2O$$

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

$$MgSO_4 + NaCO_3 = MgCO_3 + Na_2SO_4$$
$$MgCl_2 + Na_2CO_3 = MgCO_3 + 2NaCl$$
$$CaSO_4 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + Na_2SO_4$$
$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaCl$$

Natron usulda, suvga o'yuvchi natriy ta'sir ettirilib, muvaqqat qattiqlik yo'qotiladi.

$$Mg(HCO_3)_2 + 4NaOH = Mg(OH)_2 + 2Na_2CO_3 + 2H_2O$$
$$Ca(HCO_3)_2 + 2NaOH = CaCO_3 v + Na_2CO_3 + 2H_2O$$
$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaCl$$
$$CaSO_4 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + Na_2SO_4$$

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.

$$3Ca(HCO_3)_2+2Na_3PO_4=Ca_3(PO_4)_2+6NaHCO_3$$
$$3MgCl_2+ Na_3PO_4= Mg_3(PO_4)_2+6NaCl$$
$$3CaSO_4+ 2Na_3PO_4= Ca_3(PO_4)_2+ 3Na_2SO_4$$

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 suvnning qattiqligi avval arzon reagentlar yordamida, masalan, $Ca(OH)_2$ bilan, so'ngra qattiqlikni to'liqroq yo'qotish uchun Na_3PO_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 Ca^{2+} va Mg^{2+} ionlarini o'z kotionlariga almashtirish xossasiga ega bo'lgan kationitlar yordamida qattiqlikni yo'qotishga asoslangan. Shunday xossaga ega bo'lgan birikmalarini *ionidlar* deyilib, ular kationit va anionitlarga bo'linadi.

Kationitlar tarkibida odatda, harakatchan natriy kationiti yoki vodorod kationiti saqlaydi. Anionitlar esa harakatchan gidroksil (OH—anionit) guruh saqlaydi. Na — kationit sifatida turli xildagi alyumosilikatlar: gloukonit, seolit, permutit va boshqalar, Na — kationiti sifatida esa, sulfurlangan ko'mir sintetik sxemalardan foydalaniladi. OH — anionitlar sifatidan yuqori molekular moddalar masalan, karbomidli smolalar ishlatiladi.

Suvni Na — kanionit bilan yumshatish reaksiyasi tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

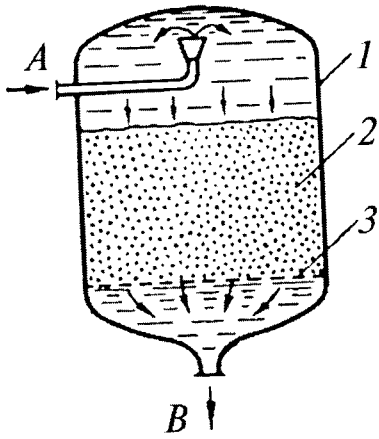
$$Na_2(Kat)+Mg(HCO_3)_2= Mg\ (Kat)+2NaHCO_3$$
$$Na_2(Kat)+CaSO_4= Ca(Kat)+Na_2SO_4$$

Bunda, (*Kat*) — kationitning almashinish reaksiyasida ishtirok etmaydigan qismi.

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

$$2H(Kat)+CaSO_4 = Ca(Kat)_2+H_2SO_4$$
$$H(Kat)+NaCl = Na(Kat)+HCl$$
$$2(An)OH+H_2SO_4=(An)_2SO_4+2H_2O$$
$$(An)OH+HCl=(An)Cl+H_2O$$

Ion almashinish reaksiyasi qaytar bo'lib, ionitning ion almashinish xossasini qayta tiklash mumkin. Buning uchun ionit regeneratsiyalanadi. Natriy kationitni osh tuzining eritmasi bilan, vodorod kationitni mineral kislotalarning eritmasi bilan regineratsiyalanadi. Anionitlar esa ishqor eritmasi bilan regineratsiyalanadi. Ionit filtrining tuzilishi 13- rasmda berilgan.



13- rasm. Kationit filtrining tuzilishi.
1 – korpus; 2 – kationit qavati; 3 – qalpoqchali panjara; A – suv yoki regeneratsiyalanadigan eritmaning kirishi; B – suv yoki regeneratsiyalangan eritmaning chiqishi.

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 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. Regineratsiyalashda esa tepa qismidan osh tuzi ishqor yoki kislota kiradi va ionit orqali o'tib, uni regeniratsiyalaydi va ostidan chiqarib olinadi.

Deaeratsiyalash, bu suv tarkibida bo'lgan gazlarda suvlarni tozalash bo'lib, ikki xil fizik va kimyoviy usullar yordamida amalga oshiriladi. Fizik 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_2 dan tozalanadi. Suvdagi kislorod esa kuchli qaytaruvchilar (Na_2SO_3, N_2H_4 — gidrozin) qo'shish orqali biriktirib olinadi.

$$2Na_2SO_3 + O_2 = 2\,Na_2SO_4$$
$$N_2H_4 + O_2 = N_2 + 2H_2O$$

4- §. Sanoatda suv sarfini kamaytirish yo'llari

Har yili sayyoramizdagi mavjud daryolarda oqqan suvning barchasini birgalikda qo'shib hisoblaganda, uning 600—700 km^3 ga yoki 9 % sanoat va maishiy ehtiyojlar uchun sarflanadi. Shundan 150 km^3 qaytmas holda sarflanib, 500 km^3 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 samarali foydalanish kabi murakkab vazifani hal qilish uchun ishlab chiqarishning ilmiy asoslangan suv sarfiyoti me'yori hamda har bir jarayon uchun eng kam toza suvni sarflashni nazarda tutuvchi yangicha texnologik sxemalarni yaratish, shuningdek, 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 (korxona 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. Suvli sovitkichlarni havo sovitkichlariga 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 sachratilib) sovitiladi.

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

Yopiq sistemali suv ta'minoti asosida ishlovchi korxonalarning 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 suvli sovitkichlarni havo sovitkichlariga almashtirishdir. Kam chiqindi chiqaradigan texnologiyani, suv ishlatilmaydigan texnologik jarayonlarni ishlab chiqarishga joriy qilishdir.

IV BOB. TABIAT MUHOFAZASI VA SANOAT CHIQITLARINI TOZALASH

Tabiat — insonning yashashi uchun zarur bo'lgan resurslar manbaidir. Havo, suv, tuproq (atmosfera, gidrosfera va litosfera) mana shu uch tayanch tufayligina insoniyat abadiy mavjud bo'la oladi. Insonlar faoliyati natijasida tabiatning o'zgarishi shubhasiz. Bu o'zgarish ishlab chiqarish kuchlarining taraqqiy qilib borgani sari kuchayib boradi. Tabiatdagi hamma narsa bir-biriga uzviy bog'liq va nisbiy muvozanatda bo'ladi.

Keyingi yillarda bu o'zgarishlar shunchalik kengayib katta masshtabga yoyilib ketdiki, uning oqibatida tabiatdagi mavjud nisbiy muvozanatning buzilish xavfi tug'ildi. Har yili dunyoda 120 mlrd. t. ruda qazib olinadi. Uning atigi 2 foizidan foydalaniladi. 98 foizi esa chiqindi sifatida tashlanadi. 60 mln t. sintetik moddalar, 100 mln. t. mineral o'g'it, 3 mln. t. zaharli kimyoviy birikmalar ishlab chiqariladi. Bularning bari atrof-muhitni ifloslaydi. Atrof-muhitning ifloslanishi insoniyat sog'lig'i uchun katta xavf tug'dirmoqda hamda ishlab chiqarish kuchlarining taraqqiyotiga to'siq bo'lmoqda. Shuning uchun ham atrof-muhitning muhofazasi umumbashariy muammoga aylandi.

Birinchi marta havoning ifloslanishi natijasida ommaviy kasallanish 1930- yili Belgiyada qayd etildi. 1952- yilda esa Londonda ushbu kasallik tufayli 4000 kishi vafot etdi. Yevropa mamlakatlari va AQShda surunkali bronxid kasalligidan o'lim har o'n yilda ikki marta ortayotganligini aytib o'tish kifoya. Xalqaro Sog'liqni Saqlash qo'mitasining ma'lumotlariga ko'ra har to'rtta rak kasalligining uchtasi atrof-muhitning ifloslanishi bilan bog'liq ekan.

Ayniqsa, atrof-muhitdagi kimyoviy mutagenlarning ortishi natijasida inson organizmida noqulay mutatsiyalarning hosil bo'lish mumkinligi katta xavf tug'dirmoqda. Buning natijasida aqliy va jismoniy zaif chaqaloqlar tug'ilishi ko'payadi yoki yangi qurilgan oilalarda chaqaloq tug'ilmaydi, tug'ilganda ham kasallik bilan tug'iladi. Hozirgi kunda ko'pgina mamlakatlarda tug'ma kasalliklardan o'lish, bolalar yuqumli kasalliklaridan o'lishga qaraganda ko'p.

Yana bir global muammo stratosferadagi ozon himoya qavatining buzilishi bilan bog'liq. Mutaxassislarning bergan ma'lumotiga ko'ra Yerning Quyosh radiatsiyasidan himoya qilib turgan ozon himoya qavatining buzilishi, barcha jonzotni radiatsion o'limga mahkum etish mumkin. Bulardan tashqari ekologik ifloslanish qishloq xo'jalik ekinlari hosildorligining kamayishiga, hayvonlarda sutning kamayishiga, o'lim sonining ortishiga olib kelmoqda.

Tabiatni qo'riqlash deganda, davlat va jamiyatning tabiat resurslaridan oqilona foydalanish va tabiiy resurslarni qayta tiklash, hozirgi va kelajak avlodlarning material va maishiy ehtiyojini qondirish maqsadida atorf-muhitni ifloslanishi va buzilishining oldini olishga qaratilgan tadbirlari sistemasi tushuniladi.

«Tabiatni qo'riqlash» so'zi 1913- yilda tabiatni qo'riqlashga bag'ishlab Shveysariyada o'tkazilgan I Xalqaro s'ezdan keyin keng tarqaldi. Shundan keyin ko'pgina rivojlangan mamlakatlar (AQSh, Rossiya, Fransiya va boshqalar) tabiat muhofazasiga oid bir qancha qarorlar qabul qildi, tashkilotlar tuzildi. Ayniqsa, Birlashgan millatlarlar tashkiloti o'zining sessiya va ixtisoslashgan qo'mitalarida tabiatni qo'riqlash muammosini bir necha bor muhokama qilgan. 1962- yilda BMT Bosh Assambleyasi Mongoliyaning taklifiga binoan «Tabiatni qo'riqlash va iqtisodiy taraqqiyot» deb ataluvchi qaror qabul qildi. Unda BMTning shu sohadagi siyosati aniqlab berilgan edi.

1972- yilda BMTning Stokgolmda bo'lib o'tgan konferensiyasining qaroriga binoan 1973- yildan boshlab atrof-muhitni muhofazasi bilan shug'ullanuvchi maxsus ixtisoslashgan tashkiloti (YuNEP) ish boshladi.

1948- yilda tabiat resurslari va tabiatni qo'riqlash xalqaro ittifoqi (MSOP) tuzilgan bo'lib, bu ittifoqqa 1980- yilda 105 mamlakat birlashgan edi. MSOP faoliyati an'anaviy yo'nalishi bu tirik tabiatni muhofaza qilishdir. Dunyoda hozirgi kunda 300 dan ortiq tabiatni muhofaza qilish xalqaro tashkilotlari faoliyat ko'rsatmoqda.

Tabiatni qo'riqlash deganda, uning turli qismlari: atmosfera, suv resurslari, tuproq, yer osti boyliklari, landshaftlar, o'simlik va hayvonot olamini muhofaza qilish nazarda tutiladi. Ularning barchasi bir-biri bilan ekologik bog'liq bo'lib, bittasining buzilishi boshqasining o'zgarishiga olib keladi. Masalan, tarkibida oltingugurt saqlovchi yoqilg'ini yoqish, atmosferani SO_2 gazi bilan ifloslanishiga olib kelsa, o'z navbatida SO_2 ning havodagi suv bug'lari, yog'inlar ta'sirida

kislotaga aylanib yerga tushishi, tuproqni va suvni ifloslaydi. Pestisidlarni keng qo'llash, atmosfera, suv, tuproqni zaharlash bilan bir qatorda, o'simlik va hayvonlarga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun ham tabiatni qo'riqlash kompleks echim talab qiluvchi vazifadir.

Barcha mamlakatlarda zararli moddalarning me'yoriy darajasidagi konsentratsiyasi (MDK) ishlab chiqilgan. O'zbekistonda hozirgi paytda sobiq ittifoq davrida qabul qilingan (MDK) amalda qo'llanilmoqda. Masalan, atmosfera ifloslanishining me'yoriy darajadagi konsentratsiyasi me'yori shunday konsentratsiyaki, kishiga bevosita yoki bilvosita zararli ta'sir etmaydi. Uning ish qobiliyatini pasaytirmaydi. Kayfiyati va sog'lig'iga salbiy ta'sir ko'rsatmaydi. Ayrim moddalarning MDKsi quyidagi 2- va 3- jadvallarda berilgan.

2- jadval.

Atmosferada ba'zi bir zararli moddalar konsentratsiyasining me'yoriy darajasi (MDKmg/m^3 hisobida)

Moddalar	Bir martalik me'yori	O'rtacha sutkalik me'yori	I/ch korxonasidagi me'yori
Ammiak	0,2	0,2	20
Atsetaldegid	0,1	0,1	5,0
Atseton	0,35	0,35	200,0
Geksaxloran	0,03	0,03	0,1
Ksilollar	0,2	0,2	50,0
Fenol	0,01	0,01	50,0
Metanol	1,0	0,5	5,0
Uglerod (II) oksid (CO)	3,0	1,0	20,0
Azot oksidlari (N_2O_5ga hisoblanganda)	0,085	0,085	5,0
Formaldegid	0,035	0,012	0,15
Simob (bug'lari)	0,0003	0,0003	0,01
Vodorod sulfid	0,008	0,008	10,0
Uglerod sulfid	0,03	0,005	10,0
Oltingugurt (IV) oksid	0,03	0,005	10,0
Vodorod xlorid	0,2	0,2	50,0
Uglerod (IV) xlorid	4,0	2,0	20,0

3- jadval.

Suvda ba'zi birikmalar konsentratsiyasining me'yoriy darajasi

Birikmalar	MDK mg/m³	Birikmalar	MDK mg/m³
Anorganik moddalar	—	Organik moddalar	
Kislotalar (H_2SO_4, HCl, HNO_3)	30	Benzol	0,5
Mishyak va uning birikmalari	0,05	Ksilollar	0,05
Smob (II) birikmalari	0,05	Merkaptanlar	0,01—2
Sulfidlar	0,1	Neft va neft mahsulotlari	0,05
Ftor va uning birikmalari	1,5	Smolalar	20—50
Xlor	0,00	Stirol	0,1
Sianidlar	0,1	Òoluol	0,5
		Fenol	0,002
		Formaldegid	0,5
		Xlorbenzol	0,1

Juda ko'p moddalar uchun MDK aniqlangan. Ko'pgina shaharlarda suv, havo va tuproq tozaligini tekshirib turadigan maxsus stansiyalar ishlab turibdi.

1- §. Atmosfera muhofazasi

Atmosferadagi havo massasi $5{,}15 \cdot 10^{15}$ t. dan ko'proqdir. Uning asosiy qismi (80 % gacha) Yerga yaqin joyga troposferadadir. Troposferaning qalinligi 11—12 km. Undan keyingi qatlam stratosfera deyilib, Yer yuzidan 20—50 km balandlikni egallaydi. Havoning qolgan qismi shu qatlamda joylashgan. Stratosferada ozon qatlami joylashgan. Ozon qatlami tirik organizmlarni ultrabinafsha nurlar ta'sirida himoya qiladi. Ozon qobig'i to'lqin uzinligi 290 nm va undan kichik ultrabinafsha nurlarini ushlab qoladi va tirik organizmga foydali bo'lgan to'lqin uzunligi katta ultrabinafsha nurlarni o'tkazadi.

Atmosfera Yerdagi tirik organizmlarni kosmik nurlarining qudratli oqimidan himoya qiladi. U issiqlikni saqlab turuvchi filtr bo'lib, Yerni keskin sovib yoki isib ketishidan asraydi. Atmosfera bo'lmaganda sutkalik harorat o'zgarishi 200°C (+ 100°C dan kunduzi, — 100°C gacha kechasi) bo'lar edi.

Atmosfera havosining tarkibi nisbatan doimiydir. Uning tarkibi 78,03 % azotdan, 20,95 % kisloroddan, 0,03 % karbonat angriddan va 0,93 % argondan iborat. Bunday doimiy nisbat barcha tirik organizmlar uchun juda muhim ahamiyatga egadir. Havo tarkibida yana ozroq inert gazlari va suv bug'lari (3—4 % hajm bo'yicha) bo'ladi.

Sanoat va transportning rivojlanib borishi natijasida kislorod sarfi kun sayin ortib bormoqda. Kislorodni iste'mol qiluvchi manbalar avtomobil va samalyotlardir. Hozirgi kunda dunyoda 700 mln. avtomobillar bor. Ularning soni har yili aholi o'sishiga nisbatan 5 marta tezroq o'smoqda. Hozirgi zamon reaktiv samolyotining bittasi Amerikadan Yevropagacha uchib kelganda 50—100 t. gacha kislorodni yoqilg'ini yonishi uchun sarflaydi. Shuncha miqdor kislorodni bir kunda 10 ming gektar o'rmon ishlab chiqaradi.

Mutaxassis olimlarning hisoblariga qaraganda, hozirgi paytda sayyoramizdagi o'simliklar chiqaradigan kislorodning 10—25 % i turli yoqilg'ilarning yonishi uchun sarflanmoqda. O'rmon zaxiralarining kamayib borayotganligi, suvning ifloslanishi sababli suvo'tlari chiqaradigan kislorod miqdorining kamayib ketayotganligi atmosfera kislorodi miqdorining kamayishiga olib kelmoqda.

Kislorod zaxiralaridan foydalanish ortib borishi, ekvivalent miqdorida atmosferada CO_2 ning ko'payib ketishiga sabab bo'lmoqda. BMT ma'lumotlariga qaraganda, keyingi yuz yil ichida Yer atmosferasida CO_2 ning miqdori 10—15 % oshgan. Ya'ni 400 mlrd. t. ga etgan. Bir yilda atmosferaga 270 mln.t. CO_2, 60 mln. t. dan ko'p azot oksidlari, 70 mln. t. uglevodorodlar chiqarib tashlanmoqda.

Atmosferada CO_2 ning miqdori ortishi natijasida yorug'lik energiyasi issiqlik energiyasiga aylanadi va parnik effekti deb ataladigan holat yuzaga kelishi mumkin, deb hisoblanmoqda.

Ob-havo bo'yicha xalqaro konfirensiyaning bergan ma'lumotlariga ko'ra CO_2 miqdorining ortishi Yer shari haroratining 1,5—3°C ga oshirishi mumkin. Yer yuzasining bunday isishi qutbdagi muzliklarni beto'xtov erishiga va dunyo okeanlari sathini 4—8 m gacha

ko'tarilishiga olib keladi. Bu o'z navbatida quruqlikni butunlay suv bosishiga olib kelishi mumkin.

Atmosferani zaharlovchi asosiy manbalardan biri bu avtomobil va samolyotlardir. Bir avtomobil bir yilda o'rtacha 800 kg dan ko'proq zaharli uglovodorodlar, 40 kg azot oksidlari, 200 kg aldegidlar, anchagina CO (50 ot kuchiga ega bo'lgan 1 avtomobil 1 daqiqada 60 litr CO chiqaradi), 3,4 benzpiren, qo'rg'oshin oksidlari, oltingugurtli birikmalar qurum va boshqa ko'pgina toksillarni atmosferaga chiqarib tashlaydi.

Kimyo sanoati ham atmosferani ifloslantirmoqda. Kimyo sanoati asosan azot oksidlari, oltingugurt oksidlari, uglevodorodlar, galogenlar va boshqalarni atmosferaga ko'plab chiqarib tashlamoqda. Atmosfera havosida hozirgi paytda 900 mln.t. dan ko'proq doimiy ravishda ifloslantiruvchi moddalar mavjud.

Atmosferaga tushuvchi zararli aralashmalar 2 guruhga bo'linadi.

1. Muallaq zarrachalar (aerozollar), chang, tutun va tumanlar. Tutun — ichida qattiq modda — zarrachalar bo'lgan gazlar aralashmasidan iborat sistema. Tuman — ichida suyuqlik tomchilari bo'lgan gazlar aralashmasidan iborat sistemadir.

2. Gazsimon va bug'simon moddalar. Birinchi guruhga anorganik va organik moddalarning qattiq muallaq osilib turuvchi zarrachalari hamda turli korxonalarda puflab atmosferaga chiqarib tashlanuvchi gazlar bilan hamda ventilyatsiya sistemalaridan chiqqan suyuqlikni mayda tomchi va zarrachalari kiradi.

Anorganik changlar sanoatda metallarning rudalaridan ajratib olishda, alyumosilikatlarni turli mineral tuzlarni, qayta ishlaganda, o'g'itlar, karbitlar, sement va boshqa ko'pgini anorganik moddalarni ishlab chiqarishda hosil bo'ladi. Ko'mir slanets, torf, yog'och, saja, rezina asfalt kabilarni changsimon zarrachalari o'simliklarni himoya qiluvchi vositalarning aerozollari va boshqalar organik modda zarrachalaridir. Tumanlarni esa, kislotalar va ularning angidridlari havodagi suv bug'larida erib hosil qiladi. Yana neftni qayta ishlash sanoati, transport, qishloq xo'jalik aviatsiyasi kabilar atmosferaga chiqarib tashlaydigan og'ir suyuq qoldiq va chiqindilar ham tumanlar hosil qiladi.

Atmosferadagi qattiq va suyuq zarrachalarning disperslik darajasi juda katta bo'lib, o'nlab mikrondan yuzlab mikrongacha chegarada o'zgarib turadi.

Ikkinchi guruh gazsimon va bug'simon aralashmalar nihoyatda turli-tuman bo'lib, ularga kislota, gologen va galoidli birikmalar gazsimon oksid, aldegid, keton, spirt, uglevodorod, amin, pirin, merkaptan, efir, vodorod sulfid va boshqalar ko'pgina gazsimon sanoat chiqindilari kiradi. Gazsimon sanoat chiqindilarini tozalash nafaqat odam hayvon yoki o'simlikka zararli ekanligi uchungina zarur, balki bunda juda ko'p miqdorda iqtisodiy zarar ham ko'riladi.

Masalan, ko'plab qimmatbaho mahsulotlar — organik erituvchilar, metallar, oltingugurt oksidlari va boshqa moddalar yo'qotiladi. Masalan, ko'mir shaxtalarida changning miqdori 470 — 500 mg/ m^3 ga etadi. Rotor tipidagi kombayin bilan ko'mir qazilganda changning miqdori 1300 mg/m^3 ga frezer tipidagi kombayin qo'llanilganda 3000 mg/m^3 ga yetadi. Agar ko'mir qazishdan avval sugorilsa havoda changning konsentratsiyasi 200—300 mg/m^3 ga qadar kamayadi.

Ko'mir shaxtalarida qo'llaniladigan ventilyatsiya qurilmalarining ishi natijasida bir daqiqada 1200 m^3 chang tashqariga — havoga chiqarib turiladi, buning natijasida shaxta ichidagi havoda changning miqdori 30—40 mg/m^3 chamasida saqlanib turadi. Bu tadbir tufayli juda ko'p mahsulot yo'qotiladi va atmosfera havosi ifloslanadi, agar changlar tutib qolinsa, qo'shimcha mahsulot hosil bo'ladi.

Kon havosidagi chang turli mamlakatlarda turlicha yo'llar bilan kamaytiriladi. Masalan, Angliyada bu maqsadda suv berish usulidan tashqari maxsus chang yutuvchi asboblar qo'llaniladi. Germaniyada kalsiy xloridli pastadan foydalaniladi. Chunki kalsiy xlorid gigroskopik modda bo'lganligi uchun havodagi namni tortib rudani ho'llab turadi. Bundan tashqari havoda ximikatni bo'lishi metallarni korroziyalab ishdan chiqaradi. Sanoat tumanlarida po'lat qishloq joylariga nisbatan 3—4 marta tezroq zanglaydi.

Atmosferani zararli qo'shimcha va tashlandiqlardan himoya qilishning nisbatan optimal varianti bu yangi ishlab chiqarish jarayonlari gazlarni atrof-muhitga chiqishini butunlay yo'qotish yoki maksimal kamaytirishga, avvalo, ayrim jarayonlarni va butun ishlab chiqarishni yopiq aylana tizimga o'tkazish, chiqindi va xomashyodan kompleks foydalanish asosida chiqindisiz jarayonlarini joriy qilish apparat va uskunalarni qurilish va mexanizmlarni takomillashtirish energiyaning yangi manbalaridan foydalanishga o'tish orqali erishiladi.

Masalan, rangli metallurgiya hozirgi vaqtda sulfat kislota ishlab chiqarish uchun kerak bo'lgan SO_2 ning 30 % ga yaqinini bermoqda. Qaysiki, ilgari atmosferaga chiqarib tashlanar edi. Bu kislotaning tannarxi an'anaviy usulda olingandagiga nisbatan 30 % ga arzon tushadi.

Metallurgiyada, atmosferaga zararli chiqindilarni chiqarib tashlashni rudalarni to'g'ridan-to'g'ri kislorodsiz qaytarish usuliga o'tish va po'latni elektr pechlarida suyuqlantirib olish orqali keskin kamaytirish mumkin. Shahar va tumanlarning atmosfera havosining markaziy isitish sistemalarida qattiq yoqilg'i o'rniga gazdan foydalanish orqali ancha tozalash mumkin.

Avtotransport bu ishni ikkinchi yonish dvigatellarning konstruksiyasini takomillashtirish avtomobil tutunlarini neytrallovchi qurilmalarni qo'llash, etillangan benzindan voz kechish, benzin yoqilg'isini siqilgan gaz, vodorod va elektr energiyasiga almashtirish orqali amalga oshirish mumkin. Ammo texnika va texnologiyaning hozirgi holati atmosferaga zararli moddalarning tushishini to'liq oldini olish imkonini bermaydi. Shuning uchun ham atmosferani himoya qilishning nisbatan oddiy vositasi bo'lib, turli gaz tozalash qurilmalari xizmat qiladi.

Gazlarni tozalash usullari. Gazlarni tozaalash usullarini tanlash, aralashmalarning fizik-kimyoviy xossalari, konsentratsiyalari, agregat holatlari, dispersligi, harorati, namligi va boshqa shu kabilar bilan aniqlanadi. Sanoatda gazlarni aerozollardan tozalash usullari: mexanik va elekrostatikga bo'linadi. Mexanik moddani tozalash quruq va ho'l holatda bo'lishi mumkin.

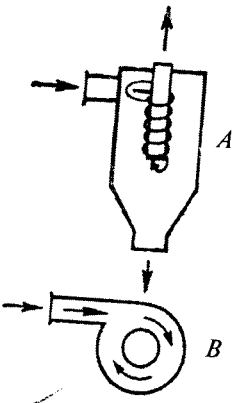
1. Mexanik tozalash quyidagi usullarda olib boriladi.

a) gravitatsion ushlab qolish kichik tezlikda changlatilgan gaz oqimidagi chang zarrachalarining og'irlik kuchi ta'sirida cho'kishiga asoslangan. Bu usul faqat gazni taxminiy dag'al tozalash uchungina foydalaniladi. Buning uchun tindirgichli gaz mo'rilari va chang cho'ktirgich kameralari qo'llaniladi.

b) inersion usulda chang ushlash, boshlang'ich harakat yo'nalishini saqlab qolishga intiluvchi gaz oqimining yo'nalishi o'zgartirilganda, gazga aralashgan muallaq chang zarrachalarining inersiya kuchi ta'siriga asoslangan bo'ladi. Bu usul changlanish darajasi kichik (1,5 g/sm^3 gacha) bo'lgan gazni changdan taxminiy dag'al

tozalashda qo'llaniladi. Bunda yog'och pardali va konus xalqali nasadkasi bo'lgan inersion chang ushlagichlardan foydalaniladi. Tozalash darajasi zarrachalarining dispersligiga bog'liq holda, 20—70 foizgacha bo'ladi. Bu ikki usul ko'pchilik hollarda alohida mustaqil foydalanilmay, balki gaz chiqindilarini qattiq aralashmalaridan tozalanishning bosqichlaridan biri sifatida foydalaniladi.

d) markazdan qochma usulda chang ushlash, bu usul tozalovchi gazni siklon-apparatida qattiq aylantirish yoki apparatning o'zini aylantirish natijasida hosil bo'luvchi markazdan qochma kuch ta'siriga asoslangan bo'lib gazlarni dag'al va o'rtacha tozalashda keng qo'llaniladi. Siklon apparatining sxemasi 14-rasmda berilgan. U ikki silindrdan iborat bo'lib, biri ikkinchisining ichiga kiritilgan.



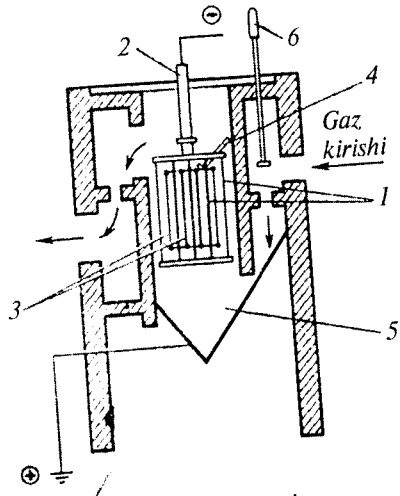
14-rasm. Siklon apparati.
A — yon tomondan ko'rinishi;
B — tepasidan ko'rinishi.

Tashqi silindrning osti konussimon shaklda bo'lib, u yerda chang zarralari to'planadi va chiqarib olinadi. Changli zarralar katta tezlikda siklon apparatiga maxsus teshikdan kirib aylanib changdan tozalanib ikki silindr orqali apparatdan chiqadi. Markazdan qochma kuch ta'sirida chang zarralari tashqi silindrning ichki devoriga urilib, so'ngra ostiga yig'iladi. Bunday siklonlar diametri 6 mkm dan katta bo'lgan chang zarralarini yaxshi ushlab qoladi.

e) gazlarni filtrlash orqali chang ushlash usulida changlangan gazlar gazlama filtridan o'tkaziladi. Filtr materiali sifatida paxta, jun, sintetik, tola, shisha tola, asbest yoki ular asosida tayyorlangan gazlama hamda g'ovak keramik va metalokeramik buyumlar ishlatiladi. Bu usulda to'liq chuqur tozalash imkoniyati tug'iladi. Bu usulning ustunlik tomoni shundaki, qurilmalarni arzon yuqori darajada tozalaydi. Yuqori haroratli gazni ham agressiv gazlarni ham tozalash mumkin. Uning kamchiligi shundaki filtr gaz oqimiga katta gidravlik qarshilik ko'rsatadi va filtr yuzasi tez chang zarralari bilan bitib qoladi. Shuning uchun ham bu usul tozalashning so'nggi bosqichida qo'llaniladi.

f) ho'l holatda tozalash usuli katta yuzali fazalar kontaktiga gazni suv bilan yuvishga hamda tozalaniladigan gazni suv bilan intensiv aralashtirishga asoslangandir. Bu usul chang, kul zarrachalarini hamda suyuqlikning har qanday kattalikdagi tomchilarini ushlab qolish uchun qo'llaniladi. Bu gazni tozalashning yakuniy bosqichida qo'llaniladigan mexanik tozalashning eng ishonchli usulidir. Ho'l holatda tozalash konstruksiyaning oddiyligi va ishlatish osonligi bilan ajralib turuvchi maxsus nasadkali minoralarda olib boriladi.

2. Elektrostatik tozalash usuli. Bu usul aerozollarning (gazga aralashgan chang zarralarini) elektrodlar hosil qiladigan yuqori kuchlanishli elektr magnit maydoni orqali o'tkazilganda, ionlanishi va zaryadlanishiga, ya'ni yemirilishiga asoslangan. Sanoatda keng qo'llaniladigan elektr filtrining (15- rasm) bir turida katod vazifasini bajaruvchi metall tayoqcha bir necha ming volt yuqori kuchlanish berilganda katod yaqinidagi havo kuchli ravishda ionlanadi. Bu apparat orqali aerozol o'tkazilganda, aerozol zarrachalari manfiy zaryadli zarrachalari quvurchalarining devorlariga urilib o'zining zaryadini yo'qotadi va neytral zaryadsiz kukun shaklida apparat devorlariga uriladi. Aerozolning yemirilishidan hosil bo'lgan gazlar aralashmasi esa gazlarning tozalashda qo'llaniladigan usullari bilan ayrim-ayrim komponentlarga ajraladi.



15- rasm. Plastinkasimon elektrofiltr.
1 — toj elektrodlar; 2 — kvars naycha; 3 — cho'ktiruvchi elektrodlar; 4 — changlarni qoquvchi mexanizm; 5 — bunker; gaz oqimini to'g'rilagichi; 6 — gaz oqimi regulyatoti.

Elektrodda o'tirib qolgan changlarni qoqib yoki yuvib tozalash yo'li bilan yo'qotiladi. Elektrostatik tozalashning samaradorligi juda yuqori bo'lib, asosan qora va rangli metallurgiya, issiqlik energetikasi, qurilish materiallari, ishlab chiqarish korxonalari

va boshqalarda keng qo'llaniladi. Havoni zararli moddalardan — tumanlardan va namlangan gazdagi begona aralashma zarrachalardan tozalovchi ho'l elektrofiltrlar ham quruq elektrofiltrdek ishlaydi.

Sanoat chiqindi gazlarini gazsimon va bug'simon zararli aralashmalardan tozalashni uch asosiy guruhga bo'lish mumkin: 1. Suyuqlik bilan absorbsiyalash. 2. Qattiq yuttiruvchilar bilan absorbsiyalash. 3. Katalitik tozalash.

Suyuqlik bilan absorbsiyalash, nisbatan ishonchli va keng tarqalgan. Bu zararli aralashmaning suyuqlikda tanlab erishishga (fizik absorbsiya) yoki yuttiruvchining aktiv komponentlari bilan ular orasidagi reaksiyaga (xemosorbsiya) ya'ni tanlab ajratib olishga asoslangan.

Fizik absorbsiya — to'xtovsiz aylanma jarayondir. Chunki zararli gazlarni yutilishi, yutuvchi suyuqliklarning regeneratsiyalash bilan birga olib boriladi. Sharoit (harorat va bosim) o'zgartirilganda adsorbent regeneratsiyalanadi, bunda adsorbentga yutilgan gaz aralashmasining desorbsiyalanishi sodir bo'ladi.

Regeneratsiyalangan eritma tozalash uchun yuboriladi. Bu usul bilan murakkab gazlar aralashmasida atseton dimetilformamid va boshqa absorbentlar yordamida atsetilenni ajratib oldilar. Xemosorbsiyada, masalan, oltingugurt (IV) oksidini tutib qolish uchun 60 dan ko'p turli xil usullar taklif etilgan, ular absorbsiyalash va kimyoviy ta'sirlanuviga asoslangan. Biroq ularning hammasi ham bir vaqtda samara bermaydi va iqtisodiy jihatdan qulay emas. Eng ko'p tarqalgan usullaridan biri oltingugurt (IV) oksidini ohak, mangniy sulfat eritmasi ammoniy gidrosulfid va natriy aluminiyning ishqoriy eritmasi orqali yutilishiga asoslangan.

Tarkibida 0,1—0,5 % SO_2 bo'lgan gazlarni tozalash uchun ohakli usuldan foydalanish iqtisodiy jihatdan qulay SO_2 ning miqdori ko'p bo'lganda esa sulfat ammoniyni qo'llashga asoslangan ammiak avtoklavli va ammiaksiklik usullaridan foydalanish tavsiya etiladi. Azot oksidlarini tutib qolish uchun kalsiy yoki natriy gidroksidining eritmalari ishlatiladi. Gazlar suyuqlik yuborib turilgan to'lqinsimon nasadkadan o'tkazilganda samaraga erishiladi, ya'ni 95 % azot oksidi ushlab qolinadi.

Tarkibida ftor tutgan qo'shimchalardan gazlarni tozalash alohida ahamiyatga ega. Ularning juda ozgina miqdori ham (10 %) o'simliklarga

zararli ta'sir etadi. Agar ajralib chiqayotgan gazlarda vodorod ftorid yoki ftor bo'lsa, ularni natriy gidroksidning 5—10 % li eritmasi bilan nasadkali kolonnadan o'tkaziladi. Bunda bir daqiqa davomida quyidagi reaksiya sodir bo'ladi.

$$F_2+2Na\,OH \rightarrow \frac{1}{2}\,O_2+H_2O+2NaF$$

$$HF+NaOH \rightarrow NaF+H_2O$$

Hosil bo'lgan natriy ftorid yana natriy gidroksidini regeneratsiyalash uchun ohak bilan qayta ishlanadi.

$$2Na\,F+CaO+H_2O \rightarrow CaF_2+2NaOH$$

Gazlarni vodorod sulfiddan tozalash uchun oksidlashga asoslangan bir qancha usullari taklif etilgan. H_2S ni yo'qotish uchun temir (III) oksididan foydalanilmoqda. Temir (III) oksidining suvdagi suspenziyasi va vodorod sulfid tutuvchi gazni nasadkali kolonnadan oqim qarshiligi prinsipi bo'yicha o'tkaziladi.

$$6H_2S+2Fe_2O_3 \rightarrow 2Fe_2S_3+6H_2O$$

Atmosfera havoni shu eritma orqali o'tkazish yo'li bilan hosil bo'lgan sulfidni ajratib olinadi.

$$2Fe_2S_3+9O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3+6SO_2$$

H_2S ni ayniqsa, viskoza tolalari ishlab chiqarishda tutib qolish uchun ishqor gidroxinon usullaridan ko'proq foydalanilmoqda, bunda 1 t. H_2S ni tutib qolish uchun 120 — 250 kg natriy gidroksid; 260 va 420 kg soda va 5—8 kg gidroxinon sarflanadi.

H_2S ni suyuq fazoda xemosorbsiyalashda asosan, qaytar kimyoviy reaksiya boradi. Masalan, 15 % li etanolaminning suvdagi eritmasi 25 — 40°C haroratda H_2S ni juda yaxshi yutadi.

$$2HOCH_2CH_2NH_2+H_2S \rightleftarrows (OHCH_2\,CH_2NH_3)_2S$$

$$(OHCH_2CH_2NH_3)_2S+\,H_2S \rightleftarrows 2HOCH_2CH_2NH_3\,HS$$

Bu vertikal muvozanat o'ngga siljigan bo'ladi. Harorat 100°C ga ko'tarilsa, muozanat chapga siljiydi va H_2S ajralib chiqadi. Eritma esa regeneratsiyalanadi.

Sanoatda qo'llaniladigan adsorbentlar quyidagi ko'rsatkichlar bilan baholanadi:

a) adsorbsion sig'im, ya'ni harorat bosimiga bog'liq holda eritib olinuvchi komponentning eruvchanligi. Bu ko'rsatkich tozalashning iqtisodiy samaradorligini belgilaydi (aylantirish va desorbsiyalash uchun ketadigan energiya va issiqlik), regeneratsiyalashning desorbsion usulida eruvchanlik o'zgarishining harorat koeffitsienti Kt katta bo'lgan erituvchilardan foydalanish rentabelli hisoblanadi. Kt +10 / Kt;

b) selektivlik bu bir-biridan ajratiladigan gazlarning erituvchanligi nisbatlari bilan aniqlanadi. Bu ko'rsatkichlar qanchalik katta farq qilsa, yuttiruvchining selektivligi shunchalik yuqori bo'ladi;

d) yuttiruvchining bug' bosimi kam bo'lishi kerakki, u tozalanuvchi gazni o'z bug'i bilan kamroq ifloslantirsin;

e) adsorbentning tan narxi past bo'lishi kerak;

f) apparatlarni korroziyalash ta'siri bo'lmasligi kerak.

Gazlarni tozalash uchun ishlatiladigan asosiy adsorbentlar suv, ammiakli suv, ishqor, eritmalari, etanolaminlar, dimetilformamid, kaliy permanganat, metallarning turli kompleks birikmalari va boshqalardir.

Absorbsion apparat sifatida: sug'orish minorasi, tarelkali va tokchali, ko'p tokchali, ko'pikli adsorber va boshqalardan foydalaniladi. Absorbsidlab tozalashning ustunligi aralashmalarning gazdan ajratib olish va yutgich eritmani regeneratsiyalash jarayonining to'xtovsizligi hamda tozalashning yuqori samaradorligi, tejamkorligidadir. Bu usulning kamchiligi esa, qurilmalarning beso'naqay kattaligi texnologik sixemasini murakkab va ko'p pog'onali yoki ko'p bosqichligidadir.

Qattiq yutgichlar bilan absorbsiyalash, gazlardan zararli aralashmalarni yuqori absorbsiyalash xossasiga ega bo'lgan qattiq adsorbent yordamida selektiv yuttirib ajratib olishga asoslangan. Bunda fizikaviy absorbsiya ham xemosorbsiya qo'llaniladi. Bunda adsorbentlarga quyidagi talablar qo'yiladi: a) yuqori darajada yutish xossasiga ega bo'lishi; b) tanlab yutishi kerakligi; d) termik barqaror bo'lishi; e) oson regeneratsiyalashi; f) uzoq muddat strukturasi buzilmay va yuzasining xossasi o'zgarmay xizmat qilishi; g) mexanik mustahkam bo'lishi kerak.

Gazlarni tozalash uchun adsorbent sifatida g'ovaklik darajasi yuqori bo'lgan materiallar: aktivlangan ko'mir, silikagel, sintetik seolitlar (alyumosilikatlar) ishlatiladi.

Gazlar aralashmasini absorbsiyalash, davriy ta'sir etuvchi tokchali reaktorlarda (adsorberlarda) olib boriladi. Tozalanadigan gaz tokchalarda joylashgan adsorbentlar qavatidan ketma-ket yuqoridan pastga tomon o'tkaziladi. Ma'lum vaqt o'tgach adsorbent yuzaga absorbsiyalanuvchi moddalar bilan to'yinishi yoki changlar, smolasimon moddalar bilan ifloslanishi natijasida o'z aktivligini yo'qotadi. So'ngra adsorbent qizdirish yoki u orqali bug', havo inert gazlar o'tkazish yo'li bilan regeneratsiyalanadi yoki yangisiga almashtiriladi. Gazni adsorbsion tozalashning istiqbolli usuli bu siklik (aylanma) usul bo'lib, unda adsorbent va regenerator orasida aylanib yuradi.

Adsorbentning mexanik mustahkamligining kamligi bu usulni keng qo'llashga asosiy g'ov bo'lib turibdi. Adsorbsion usulda ozgina adsorbent bilan katta hajmdagi gazni tozalash mumkin. Shuning uchun ham bu usulni konsentratsiyasi kam bo'lgan aralashmalarni tozalashda qo'llash maqsadga muvofiqdir. Masalan, oltingugurt birikmalari, simob bug'lari sianli birikmalar va boshqalarni ko'zda tutish mumkin.

Aktivlangan ko'mir sanoatda organik erituvchilarning bug'larini ushlab qolishda keng foydalaniladi. Gazni SO_2 dan tozalash uchun adsorbent sifatida aluminiy oksid, NO_2 dan tozalashda esa silikagel ishlatiladi. Adsorbsion usulning kamchiligi jarayonining davriyligi va adsorbentning regeneratsiyasi qimmatga tushishidadir.

Gazlarni katalitik tozalash usuli, gazlarning zararli aralashmalarini kattalik reaksiyalar yordamida boshqa birikmalarga aylantirishga asoslangandir. Katalitik usulda zaharli gazlar ajratib olinmaydi. Balki bir muncha zaharsizroq birikmaga yoki aralashmadan oson ajralib chiquvchi moddaga aylantiriladi. Bunda suyuq yoki qattiq sorbentlar bilan qo'shimcha tozalash lozim bo'ladi. Gazlarni tozalashda ko'pincha qattiq katalizatordan geterogen kataliz keng qo'llaniladi. Keng tarqalgan katalitik usul, bu zaharli organik aralashmalarni va uglerod (II) oksidning past haroratda katalitik oksidlash usulidir. Karbyuratorli dvigatellarning chiqaradigan gazlarini (tutunini)

zaharsizlantirish uchun ham kattalik neytralizatorlardan foydalaniladi. Zararli aralashmalarni tozalash, ularni kattalik qaytarishga asoslangan bo'lishi ham mumkin. Masalan, kattalik gidrogenlash yo'li bilan uglerod (II) oksidini metan va suvga, azot oksidlari, azot va suvga aylantiriladi. Masalan, gazni NO_2 dan tozalash uchun aluminiy — vanadiyli katalizator ishtirokida NO_2 ning ammiak bilan qaytarilish reaksiyasidan foydalaniladi.

$$8\ NH_3 + 6\ NO_2 \rightarrow 7\ N_2 + 12\ H_2O$$

Katalitik usulida oltingugurt (IV) - oksidni vanadiy (V) — oksidi orqali oksidlash keng ishlatiladigan usullardan biridir.

Katalitik tozalash usulining ustunligi shundaki, bu usul gazni yuqori darajada - 99,9 % gacha tozalash imkonini beradi. Bu usulning kamchiligi shundaki, reaksiya jarayonida yangi modallar hosil bo'ladiki, ba'zan ularni ham sorbsion usulda gazdan ajratib olishga to'g'ri keladi, bunday qilinganda iqtisodiy foyda ancha kamayadi. Gazni tozalashda ajratib tashlanadigan moddalardan foydalanish, iqtisodiy samaradorlikni oshiradi. Masalan, azot oksidlarini katalitik gidrogenlash orqali, gazni 0,001% gacha tozalash mumkin. Ammo bu usul qo'llanilganda yo'qotilganda foydali moddalarning (azot oksidlarini) yo'qotilishi natijasida ishlab chiqarilgan nitrat kislotaning tannarxi 10—12 % gacha ortadi. Nitroza gazlarini azot oksidlaridan tozalashda tozalashning persulfat usuli qo'llanilganda nitrat kislotasining tannarxi amaliy jihatdan olganda oshmaydi, chunki bu usulda ajratib tashlanadigan komponentlardan qo'shimcha mahsulot sifatida murakkab o'g'it (ammoniy nitrat va ammoniy sulfatning aralashmasi) olinadi.

Sanoat chiqindi gazlari hajmi katta, ammo ularning tarkibidagi tozalanishi zarur bo'lgan begona, zararli aralashmalarning konsentratsiyasi kam. Ko'p xarajatlar qilinib, katta hajmdagi tozalash qurilmalari quriladi. Bu hol iqtisodiy xarajatni oshiradi. Gazni tozalash orqali uning konsentratsiyasini MDK ga yetkazib bo'lmasa, u holda zararli aralashmani havo bilan suyultiriladi yoki juda katta baland mo'rilar qurilib zararli aralashma gazlarni atmosferaning yuqori qatlamlariga chiqib aralashib, tarqalib ketishiga erishiladi.

2- §. Tabiiy suvlar muhofazasi

Tabiiy suv, tarkibida erigan holda har xil tuzlar, gazlar, organik moddalar saqlaydi. Tarkibida 1 g/l gacha tuz saqlasa, *chuchuk (shirin) suv*, 25 g/l gacha *o'rtacha sho'rlangan* va 25 g/l dan ko'p tuz saqlasa, *sho'r suv* deyiladi. Eng toza suv qor va yomg'ir suvlari bo'lib, tarkibida 10—1000 mg/l gacha tuz saqlaydi. Okean suvlari eng sho'r suv bo'lib, tarkibida 35 g/l gacha tuz saqlaydi.

Tabiiy suvlarda K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cl^-, HCO^-_3, SO^{2-}_4 ionlari keng tarqalgan bo'ladi. Boshqa ionlar juda kam miqdorda bo'ladi. Organik moddalarning konsentratsiyasi o'rtacha, daryolarda 20 mg/l., okeanlarda 4 mg/l gacha bo'ladi. Gazlardan: azot, kislorod, uglerod (IV) oksidi, ba'zi manbalarda esa vodorod sulfid erigan holda bo'ladi.

Suvning toza bo'lmasligi avvalo kishining sog'ligiga katta ziyon yetkazadi. Suv ta'minoti sharoitini yomonlashtiradi, baliq manbalarning kamayib ketishiga olib keladi, ko'pgina sanoat mahsulotlarning sifatini pasaytiradi va boshqa ko'ngilsiz hodisalarini kelib chiqishiga sababchi bo'ladi.

Oqar suvlarni ifloslantiruvchi aralashmalar, fizik holatiga qarab eramaydigan, eruvchi va kolloidga bo'linadi. Yana bu aralashmalar kelib chiqishi, tarkibi, fizik- kimyoviy xossalariga qarab anorganik, organik, bakterial va biologik aralashmalariga bo'linadi.

Anorganik aralashmalarga qum, tuproq zarrachalari, rudalar, shlak, mineral tuzlar, kislota va ishqor eritmalari, og'ir metallarning ionlari va boshqalar kiradi.

Organik aralashmalar kelib chiqishiga qarab: o'simlik, hayvon va sintetik aralashmalarga bo'linadi. O'simlik aralashmalariga — o'simlik qoldiqlari, mevalar, sabzavotlar, donlar, o'simlik moylari va boshqalar kiradi. Hayvon aralashmalariga hayvon va odamlarning fiziologik chiqitlari, hayvon to'qima hamda hujayra qoldiqlari kiradi. Sintetik aralashmalar — neft va neft mahsulotlari, sirt aktiv moddalar va boshqalardir.

Bakterial va biologik ifloslanish oziq-ovqat sanoatining, mo'ynachilik va ko'nchilik sanoatlarining, biofabrikalar va mikrobiologik sanoati korxonalarining oqova suvlarida uchraydi.

Atmosferaga tushib qolgan suvda eruvchi ko‘pgina zararli chiqindilar ham yog‘in bilan yuvilib, suvlarga tushib, uni qisman ifloslaydi. Ammo, ularning konsentratsiyasi juda kichik bo‘lganligi uchun suvning sifatiga va uni o‘z-o‘zini tozalash xossasiga katta ta’sir etmaydi.

Suv havzalarining suvlarini ifloslovchi asosiy manba bu unga sanoat korxonalarining, kommunal xo‘jaliklari va qishloq xo‘jaligini tozalanmagan oqova suvlarining tashlanishidir. Oqova suvlarining hajmi juda katta. Masalan, agar shahar bir sutkada 600 ming/m^3 suv sarflasa, 500 ming m^3 oqova suv chiqaradi. Dunyo sanoat korxonalari bir sutkada 100 million/m^3 oqova suvlarini chiqarib tashlaydi.

Oqova suvlarining tarkibida organik va anorganik aralashmalar miqdori taxminan teng bo‘lib, keyingi o‘n yilliklarda uning tarkibida sirt aktiv moddalar (SAM) miqdori keskin oshib ketdi. SAMlarni hozirgi zamon vodoprovod suvlarini tozalash qurilmalari yordamida to‘liq tozalab bo‘lmaydi. SAMlar va sintetik yuvish vositalari (SYuV) bilan suv havzalarini ifloslovchi asosiy manbalar, bular tekistil, ko‘nchilik sanoati korxonalari, tog‘-kon boyitish fabrikalari, neft oluvchi korxonalari, rudalarni boyitishda SAMlardan foydalanuvchi korxonalardir.

Suvni ifloslantiruvchi asosiy manbalardan biri pestitsidlar va mineral o‘g‘itlardir. Ular yomg‘ir suvlari, qorning erigan suvlari, sug‘orish sistemalarini suvlari orqali oqib suv havzalarga tushadi. Bunday tashqari sel yomg‘irlari, ayniqsa, shahar maydonlarini yuvib ifloslangan suvlari bilan toza suvni ifloslaydi. Suv havzalarining ekologik holatiga, zavod va fabrikalarida ishlatilgan suv, elektr stansiyalarining ishlatilgan suvlari ham salbiy ta’sir etadi. Ular suv tarkibidagi kislorod miqdorini kamaytiradi. Bu holat suvda ko‘k-yashil suv o‘tlarining ko‘payishiga, zararli aralashmalarning ortishiga olib keladi. Natijada suvning o‘z-o‘zini tozalash xossasi yo‘qoladi. Tirik organizmldar o‘ladi. Shuning uchun ham zararli aralash-malarning me’yoriy darajasiga konsentratsiyasidan tashqari yana boshqa bir ko‘rsatkich — biokimyoviy ehtiyoj ham bor.

Suvdagi barcha oksidlanuvchi moddalarning parchalanishi uchun zarur bo‘lgan kislorod miqdori suvning kislorodga bo‘lgan *biokimyoviy ehtiyoji* (BKE) deb ataladi.

Oksidlanish uchun kislorod iste'mol qiladigan moddalar jumlasiga turli kasalliklar tarqatuvchi bakteriya hamda viruslar, organik moddalar, hayvonot va o'simlik qoldiqlari, o'simliklar iste'mol qilishi mumkin bo'lgan ozuqa moddalar (nitritlar, fosfidlar, o'g'it sanoatining chiqindilari, detergentlar) yuvish vositalari, insektisidlar, gerbisidlar kiradi. BKE — bu oqova suvlari tarkibida uchraydigan beqaror organik moddalarning ma'lum vaqt oralig'ida suvdagi kislorodni yutgan mg/l miqdorini ko'rsatadi. Ma'lum miqdordagi suvda bo'lgan kislorod miqdorini 20°C da dastlab va unga qo'shimcha modda solingan paytdan bir sutka o'tgandan keyin (BKE — 1), 5 sutka o'tgandan keyin (BKE — 5), va 20 sutka o'tgandan keyin (BKE — 20) aniqlash orqali BKE- topiladi.

Ko'pincha BKE — 5 dan foydalaniladi. Bunda 5 sutkada qancha kislorodning iste'mol qilinganligi aniqlanadi. Agar BKE — 5,2 mg/l gacha kamaysa, organik moddalarning parchalanishi to'liq tugagan deb hisoblanadi. Masalan, toza ichimlik suvining BKE dastlabki kislorod miqdorining $1,5/10^6$ qismiga teng. Kanalizatsiya suvining BKE dastlabki kislorod miqdorining $400/10^6$ qismiga yaqin bo'ladi. Agar suvda tashlandiq moddalar ko'payib ketsa, tabiiy suvda bo'ladigan oksidlanish mahsulotlari (CO_2, H_2SO_4, H_3PO_4, HNO_3) o'rnida qaytarilish mahsulotlari (CH_4, PH_3, H_2S, NH_3) bo'ladi. Chunki kislorod yetishmasligidan oksidlanish reaksiyalari sodir bo'lmay qoladi.

Shu sababli kemalar to'xtaydigan portlarning suvidan noxush hidlar kelib turadi. Iflos suvlarga xlor yuborilganda kislorodga bo'lgan ehtiyoj kamayadi. Chunki xlor suv bilan reaksiyaga kirishib gipoxlorid (HClO) kislota hosil qiladi. Bu modda nihoyatda kuchli oksidlovchi modda bo'lganligi uchun tashlandiq moddalarning parchalanishini tezlashtiradi. Suvdagi organik moddalar aralashmalarning va ba'zi anorganik aralashmalarning umumiy miqdorini xarakterlash uchun kislorodning kimyoviy iste'moli (KKI) ko'rsatkichi qo'llaniladi.

Oqova suvlari uchun ham MDK va BKElar, balki vaqt birligidagi oqovaning miqdori, birligi ham sanitariya normasi sifatida qabul qilingan. Shirin (chuchuk) suvning katta hajmda, ko'p sohalarda ishlatilishi, ifloslanish darajasining ortib borayotganligini hamda ko'pgina tumanlarda uning tanqisligi keskin sezilmoqda.

Chuchuk suvlar tanqisligi (ularni kamayib ketishi)ning oldini olish va ularni ifloslanishidan himoya qilishning yagona to'g'ri yo'li, bu avvalo sanoatda suv sarfini keskin kamaytirish bo'lib, bunga yopiq aylanma (sikli) sistemani qo'llash orqali erishish mumkin (Korxonada ishlatilgan suv korxonadan chiqarib yuborilmaydi, balki yana qayta ishlatiladi. Bu jarayon uzoq muddat va ko'p martalab takrorlanadi). Bundan tashqari, yana oqova suvlarini tozalash orqali uni qayta ishlatish va toza suv sarfiyotini kamaytirish mumkin. Oqova suvlarini suv havzalariga (toza oqar suvga) tashlashdan avval suvga ishlov berib tozalanadi. Oqova suvlar aralashmalari turli xil bo'lib, disperslik darajasi xossalari, miqdori bilan bir-biridan farq qiladi. Shuning uchun ham kompleks tozalash usullarini qo'llash zarur bo'ladi. Oqova suvlarni tozalashning quyidagi: mexanik, fizik-kimyoviy, elektrokimyoviy, biokimyoviy va termik usullari mavjud.

Mexanik usuli oqova suvlarning tozalashni eng oddiy nisbatan arzon bo'lib, yirik despersli muallaq aralashmalarni, filtrlash va tindirish orqali tozalashga asoslangan. Mexanik usul tozalashning umumiy texnologik sxemasini birinchi bosqichi sifatida qo'llaniladi. Mexanik tozalash usuli bilan maishiy oqova suvlaridan 60 % gacha, sanoat oqova suvlaridan 95 % gacha, suvda erimaydigan aralashmalarni ajratib tozalab olish mumkin. Mexanik tozalanganda suvning BKE 35 % kamayadi. Mexanik tozalash usulida odatdagi qurilmalar: tindirgichlar, elak filtrlar va boshqalardan foydalaniladi. Agar suvni ikkinchi bosqichda yanada tozalash zarurati bo'lmasa, unga xlor qo'shib so'ngra oqar suvga yoki boshqa suv havzasiga oqizib yuboriladi.

Fizik-kimyoviy tozalash usuliga: a) koagulyatsiya (aluminiy sulfat yoki temir sulfat yordamida); b) flotatsiya (kichik dispersli aralashmalarni flotatsiyalash); d) absorbsiya (aktivlangan ko'mir, shlak va boshqa qattiq adsorbentlar bilan suvda erigan aralashmalarni absorbsiyalash orqali); e) ekstraksiya (erituvchilar yordamida aralashmalarni eritib ajratib olish); f) haydash (organik moddalarni suv bug'i bilan haydashga asoslangan); g) ion almashuv (metallarni ajratish uchun); h) distilyatsiya va boshqalar kiradi.

Aktivlangan ko'mirga yuttirish (absorbsiyalash) erigan va muallaq qo'shimchalarni yo'qotishning eng samarali usulidir. Bunda ko'mir suv bug'i atmosferasida 930°C gacha qizdirilib regeneratsiyalanadi va aktivlanadi. Ko'mir sirtiga absorbsiyalangan organik qo'shimchalar

bug‘ bilan birga haydaladi. Koagulyatsiya, ya’ni mayda zarrachalarni aglomeratsiyalash, ularni katta zarrachalar bilan birga cho‘kishi jarayoni sodir bo‘ladi. Cho‘ktiruvchi sifatida kalsiy gidrokarbonat bilan ta’sirlasha oladigan aluminiy sulfatdan foydalanish mumkin.

$$Al_2(SO_4)_3+3Ca(HCO_3)_2 \rightarrow 2Al(OH)_3 \downarrow +3CaSO_4+ 6CO_2\uparrow$$

Bu reaksiyada aluminiy gidroksid kalloid zarrachalarni o‘z ichiga qamrab oladi va ular bilan birga cho‘kmaga tushadi. Aluminiy sulfat bilan bir qatorda koagulyant sifatida temir (III) sulfat, temir (II) sulfat, natriy metaaluminat ($NaAlO_2$) va mis (II) sulfat yoki ular aralashmasidan foydalaniladi. Masalan,

$$3FeSO_4+KMnO_4+2H_2O \rightarrow Fe(OH)_3+MnO_2+KOH+Fe_2(SO_4)_3$$

Mayda zarrachalar (diametri 2 mikrometrdan kam) manfiy zaryadga ega. Bu ularni aglomeratsiyadan saqlaydi. Musbat zaryadlangan Al^{3+}, Fe^{3+} ion tarkibli koagulyantlar shunday zarrachalarni o‘ziga tortadi va agregatlar hosil qilib cho‘kmaga tushadi.

Bu usullar tozalashning sifati va tannarxi bilan bir- biridan farq qiladi. Shuning uchun ham ular ba’zi hollarda tozalashning oraliq bosqichi bo‘lsa, ba’zisida esa oxirgi bosqich hisoblanadi. Foydalanish xarajatlari katta bo‘lgan usullarni qimmatbaho metallarni ajratib olishda foydalanish maqsadga muvofiqdir. Masalan, aktivlangan ko‘mirda absorbsiyalash yoki ion almashuv usullari, rangli metallurgiya korxonalarining oqova suvlaridan mis, rux, qo‘rg‘oshin, nikel va boshqa metallarni ajratib olishda foydalaniladi. Ekstraksiya usuli yordamida fenolni benzol yoki uglerod (IV) xloridi bilan ekstraksiya qilib ajratib olishda ishlatiladi, yoki suv bug‘i bilan haydalib, ishqor ta’sirida fenolyat shaklida ajratib olinadi.

Kimyoviy tozalash usullari oqova suvlarning tarkibidagi toksik (zaharli) moddalarni neytrallash, oksidlash, qaytarish, kondensatsiyalash, suvda erimaydigan holatga o‘tkazib cho‘ktirish orqali zahari kam moddalarga aylantirishga asoslangan.

Fosfatlarni yo‘qotish uchun ishlov berishdan foydalaniladi: masalan, aluminiy sulfat bilan:

$$Al_2(SO_4)_3+6H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3+3H_2SO_4$$

$$Al(OH)_3+H_3PO_4+4NaOH \rightarrow NaAlO_2+Na_3PO_4+5H_2O$$

Kalsiy xlorid qo‘shilganda:

$$2Na_3PO_4+3CaCl_2 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 \downarrow + 6NaCl$$

Cho‘kmaga tushgan kalsiy fosfatni filtrlash usuli bilan eritmadan yo‘qotib turiladi. Azot birikmalari fosfatlar singari suvdagi qo‘shimchalarni ko‘paytirishga yordam beradi. Suvni niratlardan tozalab turish uchun temir birikmalaridan oxirgi filtrat qoldig‘i koagulyatsiyaga uchratiladi yoki ionitlar yordamida adsorblanib tozalanadi.

Oqova suvlarni elektrokimyoviy usulda tozalash uchun ularni dengiz suvlari bilan 3:1 nisbatda aralashtiriladi va parallel joylashgan anodli va cho‘yan panjarali katod bilan jihozlangan yacheykalarga yuboriladi. Anod qismidan tok o‘tganda xlor, katodda esa natriy gidroksid va vodorod hosil bo‘ladi. Ajralib chiqqan aktiv xlor bakteriyalarni o‘ldiradi. Sarflangan elektr energiya miqdori unchalik ko‘p emas, ular oqova suvning 0,4 — kVt, s/m^3 ni tashkil etadi. Oqova suvlarni uchlamli qayta ishlash, sterillash - bakteriyalarni xlorlash (xlor va gipoxloridlar), ozonlash, ultrabinafsha nur ta’sir ettirib yoki elektroliz (bunda kumushning bakteriyalarni o‘ldirish xossasidan foydalaniladi) hisoblanadi.

Bu usul oqova suvlarni tozalash muammosini hal qilolmaydi, chunki bunda ko‘plab kimyoviy reagentlarni sarflashga to‘g‘ri keladi hamda zaharsiz bo‘lsa-da, yangi moddalarning hosil bo‘lishi tufayli suv havzalarini ifloslaydi. Bu usulda, u ayniqsa, oqova suvlarni xlorlash va uni kislorodli birikmalari bilan ishlov berish, ozonlash kabilar keng qo‘llaniladi. Bunda suv dezodoratsiyalanadi, kasallik tug‘diruvchi mikroorganizmlar yo‘qoladi, sianli birikmalar zaharsizlanadi va boshqa organik moddalar yo‘qoladi. Kimyoviy tozalash usuli filtrlash bilan birgalikda suv tarkibidagi erigan moddalarni 25 % gacha, suvda erimaydigan birikmalarni esa 95 % gacha kamaytirish, tozalash imkonini beradi. Bu usulni biokimyoviy tozalash usulidan oldin qo‘llash maqsadga muvofiqdir.

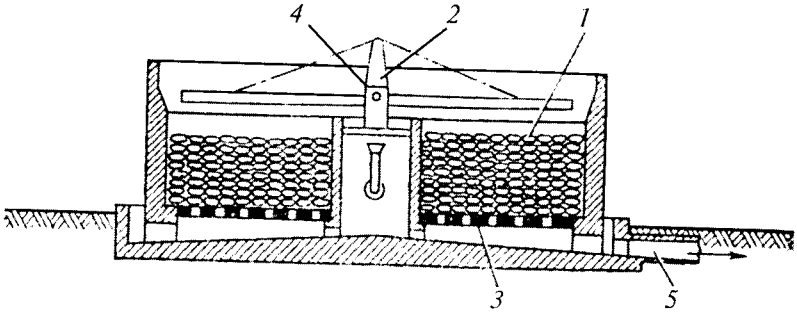
Biokimyoviy tozalash, sanoat va maishiy oqovalarini tozalashning keng tarqalgan va katta miqyosda qo‘llaniladigan usulidir. Bu usul mustaqil o‘zi yoki boshqa usullar bilan birgalikda kompleks qo‘llaniladi. Biokimyoviy usulning mohiyati, organik va ba’zi bir anorganik moddalarni mikroorganizmlar yordamida parchalab yuborish orqali suvni tozalashdan iboratdir. Mikroorganizmlar u aralashmalarni o‘z

hayoti faoliyati uchun ozuqa sifatida foydalanadilar. Natijada organik moddalar — suv va uglerod (IV) oksidiga sulfidlar va ammoniyli tuzlar — sulfat, nitrat, ionlari va metall ionlariga aylanadilar hamda mikroorganizmlar biomassasi hosil bo'ladi.

Biologik tozalash usuli, texnologik rejimga qattiq rioya qilishni talab qiladi. Chunki mikroorganizmlarning aktiv hayot faoliyati uchun maxsus sharoitlar talab qilinadi. Masalan, harorat 30—40°C dan, muhit (pH-5,5—8,5) va mikroorganizmlarga zaharli ta'sir etuvchi moddalar ma'lum miqdordan ortiq bo'lmasligi kerak. Aks holda mikro organizmlarni halok bo'lishiga olib keladi va biologik tozalash jarayoni to'xtaydi. Biologik tozalashni boshlashdan ilgari oqova suvlar tarkibidagi ba'zi moddalarning MDK si quyidagicha: neft va neft mahsulotlari 25 g/sm^3, fenol — 1000 g/sm^3, moy va akril kislotalari — 100—500 g/sm^3, sionidlar — 1,5 g/sm^3, sulfidlar — 1 g/sm^3, og'ir metallarning ionlari — ruh, nikel, xrom — 10 g/sm^3, qo'rg'oshin — 0,005 g/sm^3, mineral tuzlar 10 g/sm^3 gacha bo'ladi. Agar ayrim aralashmalarning konsentratsiyasi MDKdan yuqori bo'lsa, biokimyoviy tozalashdan ilgari oqova suvlar boshqa usullar bilan tozalanadi yoki toza suv qo'shib suyultiriladi.

Amaliyotda biokimyoviy tozalash ikki xil sharoitda: aerob (kislorod ishtirokida) va anaerob (kislorodsiz) muhitda olib boriladi. Keng tarqalgan aerob sharoitida olib borilishi bo'lib, unda tozalanish jarayoni katta tezlikda va yuqori darajada boradi. Anaerob usul oqova suvlar tarkibida organik moddalarni konsentratsiyasi yuqori bo'lganda tozalashning birinchi bosqichi sifatida qo'llaniladi. Natijada aralashmalar miqdori 10 — 20 martagacha kamayadi va tozalashning keyingi bosqichi anaerob tozalashga sharoit yaratadi.

Oqova suvlarni biokimyoviy tozalash maxsus tayyorlangan maydonchalarda, sug'orish maydonchalari yoki filtrlovchi maydonchalarda hamda biologik hovuzlarda (baland, past qilib sun'iy tayyorlangan bir necha hovuzchalar bo'lib, suv balanddan past-kisiga sharshara hosil qilib o'zi oqib tushadi) bio filtrlarda va aerotenklarda olib boriladi. Bulardan keng tarqalgani va istiqbollisi biofiltrlar va aerotenklardir. Biofiltrlar (16- rasm) ostida teshiklari bo'lgan temir betonli aylanasimon — hovuz (rezervuar) bo'lib, ichi nasadka bilan to'lg'azilgan. Hovuzning ichiga aerobmikroorganizmlar solinadi. Nasadka ostida biologik parda (plyonka) — qavat hosil bo'ladi.



16- rasm. Aylanuvchi sachratgichli biologik filtrning sxemasi.
1 — nasadka; 2 — sachratkich; 3 — teshikli tubi; 4 — tozalanadigan oqava suvning kelib tushishi; 5 — tozalangan suvni chiqish joyi.

Mikroorganizmlar o'sib rivojlanib tirik biologik parda hosil qiladi. Hovuzga oqova suvlar nasadkani bir tekis sug'orib turish uchun taqsimlovchi qurilma (2 aylanib turuvchi sug'orgich) orqali tushib turadi va filtrlanadi. Filtrlanish jarayonida aralashmalarning biokimyoviy buzilishi sodir bo'ladi. Havo hovuzning ostidagi teshiklardan o'zi tabiiy holda yoki ventilyator (havo haydab turuvchi qurilma) yordamida kirib turadi. Ventilyator yordamida havo yuborish anchagina xarajat talab qiladi, shuning uchun ham agar nasadkaning balandligi 2 metrdan baland bo'lsa (hovuz chuqur bo'lsa) va CO_2 ning miqdori ko'payib ketsa, uni desorbsiyalash zarurati tug'ilganda ventilyatordan foydalaniladi. Nasadka sifatida: shlaklar, shag'al, sheben, keramzit, plastmassadan tayyorlangan bloklardan foydalaniladi.

Biofiltrning diametri 6—30 m bo'lib, uning mahsuldorligi 1000 dan 40 000 m^3/sutkaga teng (shuncha oqova suvni tozalaydi). Biofiltrning samaradorligi oqova suvi tarkibidagi aralashmalarning konsentratsiyasiga, nasadkaning balandligiga va uning yuzasiga, nasadka qavatida havo va suvning bir tekisda taqsimlanishiga va boshqa omillarga bog'liq bo'ladi. Masalan, kislorodni iste'moli tozalashdan ilgari 150—1500 g/m^3 bo'lsa, biofiltrdan o'tgandan keyin (ya'ni tozalangach) 10—25 g/m^3 ga teng bo'ladi.

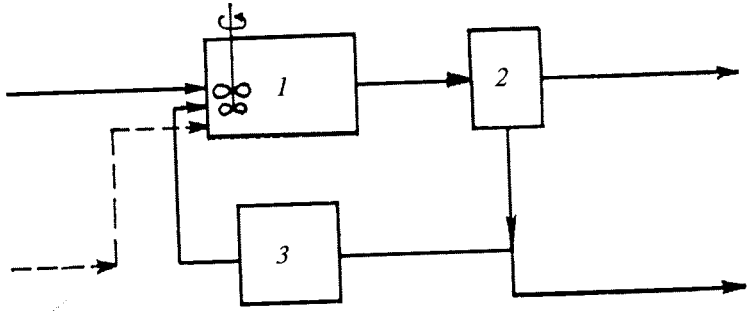
Biologik tozalash qurilmalardan foydalanish oson bo'lgani aerotenklardir. Aerotenk temir betondan yasalgan basseyn (sun'iy hovuz) bo'lib, balandligi 3—5 m, uzunligi 30—100 m, eni 3—10 m. Aerotenkga to'xtovsiz havo va «aktiv balchiq» yuborilib turiladi va

ular maxsus qurilmalar (teshiklari bo'lgan qovur, forsunka, aeratorlar va boshqalar) yordamida bir tekisda taqsimlanib, basseynga beriladi. Tozalanadigan suyuqlik (oqova suvlar) mexanik yo'l bilan almashtirgich yordamida aralashtirilib turiladi. Aerotenkda biologik oksidlanish tarkibida aerob bakteriyalar saqlovchi «aktiv balchiq» tomonidan amalga oshiriladi. «Aktiv balchiq» tashqi ko'rinishidan iviq (qattiqsimon va paxtasimon) massa bo'lib, rangi och-qo'ng'irdan qoramtir-qo'ng'irgacha bo'ladi.

Iviq bu qat-qat bo'lib joylashgan juda ko'p bakteriyalar va mikroorganizmlarning hujayralardan ya'ni biomassadan iborat. Bu iviqning 1 grammi 100 m^2 yuzaga teng, uning kattaligi 0,1 dan 3 mm gacha bo'ladi. Balchiqning kimyoviy tarkibi, oqova suvning tarkibi bakteriyaning turi va tozalash rejimiga bog'liqdir. Odatda u 70—90 % organik moddalardan va 10—30 % gacha mineral moddalardan iborat bo'ladi. Balchiq tarkibidagi mikroorganizmlar asosan bakteriyalar, oddiy suv o'tlari va shu kabilardan iborat.

Mikroorganizmlarning o'sishini jadallash maqsadida oqova suvlarga tarkibida azot va fosfor saqlovchi birikmalar qo'shiladi. Biokimyoviy tozalash qurilmasi odatda bir-biriga ulangan bir nechta aerotenklardan hamda reogentlarning aylanishini va «aktiv balchiq»ning regeneratsiyasini ta'minlovchi aralashtirgich—tintirgichlar va boshqa apparatlardan iborat bo'ladi.

Oqova suvlar basseynda tozalangach, toza suv, «aktiv balchiq» bilan birgalikda tindirgichga o'tadi (17- rasm). Balchiq tindirgichning ostiga cho'kadi, tozalangan va tinigan suv esa, qayta ishlatish uchun yuboriladi.

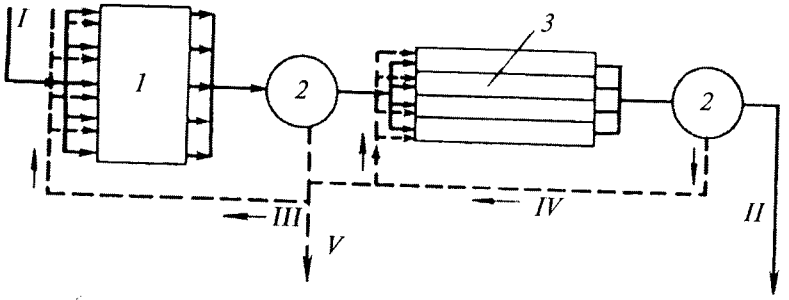


17- rasm. Oqava suvlarni biologik tozalash qurilmasining sxemasi.
1 — aerotenk; 2 — ikkilamchi tindirgich; 3 — balchiq regeneratori.

Bioqurilmaning samaradorligini oshirish uchun, ya'ni balchiqning aktivligini oshirish maqsadida regeneratsiyalanadi, buning uchun unga kislorod beriladi va aerotenkga qaytariladi. Balchiqning ortiqchasi qayta ishlanadi va undan mikroelementlar: mis, magniy, rux, marganets, temir, molibden va boshqa o'nlab qimmatbaho metallar ajratib olinadi. «Aktiv balchiq» mikroorganizmlari u yoki bu metall ionini o'ziga selektiv to'plagani uchun ham ko'pgina qimmatli va nodir metallarni olish imkoniyatini beradi.

Hozirgi kunda shu usul yordamida vanadiy, molebden, uran va boshqa ko'pgina elementlar ajrattb olinmoqda. Biologik tozalash jarayonida biologik massa — «aktiv balchiq» ko'payadi. Uning ortiqchasi tarkibida qimmatbaho metallar ushlanmasa yoki ularning miqdori juda kam bo'lganda u quritiladi va kimyoviy, termik yoki radiotsion usullar yordamida zararsizlantiriladi. So'ngra u organomineral o'g'it sifatida va qishloq xo'jalik hayvonlarni ozuqa konsentrati sifatida ishlatiladi.

Aerotenklarda oqova suvlarni biokimyoviy tozalashning hozirgi zamon ikki pag'onali sxemasi 18- rasmda berilgan. Qurilmaning oqova suvlarning tozalash bo'yicha mahsuldorligi bir necha yuzlab metr kub/sutkaga teng hamda BKE bo'yicha suvni tozalash darajasi juda yuqoridir. Masalan, sintetik spirt ishlab chiqarish korxonasining oqova suvlari ikki pog'anali sxema bo'yicha aerotenklarda tozalanganda, BKE 800 dan 15 g/m^3 gacha, fenol va atseton ishlab chiqarishda 1100 dan 10 g/m^3 gacha, sintetik kauchukda 430 dan 20 g/m^3 gacha, neftni qayta ishlash zavodlarda esa 600 dan 20 g/m^3 gacha kamayadi.



18- rasm. Aerotenklarda oqava suvlarning ikki bosqichli tozalash sxemasi. 1 — aerotenk — aralashtirgich; 2 — tindirgich; 3 — aerotenk reaktorlar; I — oqava suvlari tozalashga; II — oqava suvining tozalangani; III — birinchi bosqich aktiv balchig'i; IV — ikkinchi bosqich aktiv balchig'i; V — ortiqcha aktiv balchiq.

Oqova suvlarni biokimyoviy usul bilan tozalash ancha keng tarqalgan. Chunki bu usulda organik va anorganik aralashmalarni to'liq tozalash mumkin (jumladan, toksik birikmalarni ham tozalaydi). Qurilma va apparatlari nisbatan arzon hamda uni ishlatish ancha oson. Uning kamchiligi biologik oksidlash jarayonining ancha sekin borishidir hamda qurilmalarning katta hajmni egallashidir. Masalan, aerotenklarning oksidlash quvvati 1 kg/m^3 sutka. Keyingi paytlarda uning quvvati ancha oshirildi. Buning uchun oqova suvlarni kislorod bilan aralashtirish (aerosiyalash) germetik yopiq aerotenklarda olib borilmoqda. Bu usulda aerotenklarning quvvati 5 kg/m^3 sutka.

Sanoat oqovalari termik usul bilan ham tozalanadi. Bunda zararli aralashmalar yuqori haroratda yoqiladi. Natijada ikkilamchi xomashyo sifatida ishlatiladigan zararsiz gazsimon mahsulotlar va qattiq qoldiq olinadi. Bu usulning ustunligi uning universalligidir, bunda har qanday oqovani ham to'liq zararsizlantirish mumkin. Ayniqsa, bu usulni tarkibida kam uchuvchan organik moddalar saqlagan oqovalarni tozalashda qo'llash maqsadda muvofiqdir. Qaysiki, u organik moddalar qo'shimcha yoqilg'i bo'lib xizmat qiladi. Masalan, sulfit usulida sellyuloza ishlab chiqarish korxonasining oqova suvi tarkibida 6—8 % organik moddalar bo'ladi. Bundan tashqari kuchli ifloslangan va zaharlilik darajasi juda yuqori bo'lgan suvlarni tozalashda qo'llash kerak bo'ladi.

Sanoat uchun ishlatiladigan oqova suvlarda yuqorida aytilganlardan tashqari boshqa qo'shimchalar ham bo'ladi. Shuning uchun ularni qayta ishlash uchun qo'shimcha jarayonlardan foydalaniladi. Zararli metallarni (qo'rg'oshin, mis, rux, simob, xrom, nikel, mishyak) yo'qotish uchun cho'ktirish, ion almashinish va ekstraksiya jarayonlardan foydalaniladi. Sanoatdagi oqova suvlar tarkibida bo'ladigan tuzlarni yo'qotish uchun esa ion almashinish va elektrodializ usullardan foydalaniladi. Yog' yoki bo'yoq suzpenziyasi elektr toki orqali buziladi. Hozirgi paytda sanoatda yopiq suv aylanish sistemasining o'sha yerning o'zida suvni tozalab yana qayta ishlatishga yaroqli qilib beruvchi sxemasi ishlab chiqilgan va qisman amaliyotga tatbiq etilgan. Bu sxema suv sarfini ancha kamaytirish bilan bir qatorda oqova suvlarni suv havzalarga tashlashga butunlay chek qo'yadi.

3- §. Tuproq muhofazasi

Tuproq (yer) tabiatning muhim boyliklaridan biri bo'lib, (Yer shari yuzasining 1/3 qismini, ya'ni 15 mlrd ga maydonni, quriqlik tashkil etadi) quriqlikning faqat 10 % ekiladigan (haydaladigan) yer, 17 % yaylov va o'tloqlar, 28 % o'rmonlar va 45 % ekishga yaroqsiz maydonlar (cho'l va sahrolar, yarim sahrolar, muzliklar, shaharlar, korxonalar, turli qurilishlar bilan band bo'lgan maydonlar va boshqalar) dan iboratdir. Insoniyat oziqa resurslarning 80 % ni ishlov beriladigan yerlar beradi (u taxminan 1450 mln ga teng). Shuning uchun yer fondiga ehtiyotkorlik bilan munosabatda bo'lish insoniyatning hayotiy zaruriyatidir.

Kishilarning xo'jalik faoliyati tufayli yer fondi qisqarib bormoqda. Yer fondini saqlashdan yerni rekultivatsiya qilish muhim rol o'ynaydi (rekultivatsiya — foydali qazilmalarni qazib olishda yerning yuza unumdor qismi olib saqlab qo'yiladi, qazilma olib bo'lingach, u tuproq o'z o'rniga qaytariladi va u yerda yana turli xo'jalik ishlarini olib borish mumkin bo'ladi).

Ayniqsa, yerlarni kimyoviy moddalar bilan ifloslanishi katta zarar keltirmoqda. Tuproqni ifloslovchi asosiy manbalar bular: sanoat korxonalarning atmosferaga chiqarib tashlagan chiqindilari, oqova suvlar, tog', kon va uni qayta ishlash korxonalarning chiqindilari, maishiy chiqindilar, qishloq xo'jaligini kimyolashtirish natijasida chiqadigan turli zaharli birikmalar, pestitsidlar va boshqalardir. Tup-roqqa tushgan moddalar bilan aloqada bo'ladigan turli muhitlar yoki vositalar (suv, havo, o'simlik va boshqalar) biologik zanjir, tuproq-o'simlik-odam orqali odam organizmiga tushadi, uni zaharlaydi.

Sayyoramizning ekiladgan maydonlariga har yili 4 mln tonna pestitsidlar, 400 mln tonna mineral o'g'itlar solinmoqda. Xalq xo'jaligini kimyolashtirish boshlanmasidan ilgarigi davrdagi tuproqqa qaraganda hozirgi paytda tuproqda kadmiy miqdori 70 marta, qo'rg'oshin 17, simob 19, tellur 40 marta ko'paygan. Oziq-ovqatlar tarkibida kadmiyning ko'payishi yurak kasalliklarni kelib chiqishini asosiy sababchisidir. Qo'rg'oshinning ko'pligi ateroskleroz va buyrak kasalligini, simob esa asab va nasliy kasalliklarini keltirib chiqaradi. Masalan, Yaponiyada aluminiy ishlab chiqarish korxonalarning

chiqindi suvida sug'orilgan gurch orqali kadmiy bilan ko'plab kishilarning zaharlanganligi ma'lum.

Tuproqni ifloslanishidan himoya qilishning asosiy chora tadbirlariga quyidagilar kiradi: avvalo atmosferaga va oqova suvlarga chiqarib tashlanadigan zararli chiqindilar miqdorini kamaytirish, sanoat va maishiy tashlandiqlarni xo'jalik ahamiyatiga ega bo'lmagan yerlarga (karerlar, jarlik va chuqurliklar) chiqarib tashlash zaharli moddalarni yerning maxsus chuqur qatlamlariga ko'mish, yerlarga o'g'itlar, pestisitlar va turli zaharli kimyoviy birikmalarni solishda ilmiy asoslangan usullarga qattiy rioya qilish.

Atmosfera suv va tuproqni ifloslanishidan himoya qilish masalalari bilan qisqacha tanishib chiqish shuni ko'rsatdiki, tabiatni qo'riqlashda yutuqlarga erishmoqning asosiy yo'li sanoat korxonalarini, birinchi navbatda kimyo sanoati tarmoqlarini yopiq siklik sxema bo'yicha olingan barcha xomashyoni kompleks asosida chiqindisiz ishlab chiqarishga o'tkazishdir. Bunda iqtisodiy samaradorlikning yuqori bo'lishi, korxonalarni kombinatsiyalash hududiy-sanoat komplekslarini tashkil etishni taqozo etadi.

IKKINCHI QISM
KIMYOVIY TEXNOLOGIYANING NAZARIY ASOSLARI

I BOB. KIMYOVIY TEXNOLOGIYANING ASOSIY QONUNIYATLARI

Kimyo sanoatining o'sib, rivojlanib borishi bilan asosiy ishlab chiqarish jarayonlarining qonuniyatlarini umumlashtiruvchi va apparatlarning texnologik hisoblash usullarini ishlab chiquvchi, injenerlik faniga ehtiyoj tug'ildi. Jarayonlar va apparatlar haqidagi fan paydo bo'ldi va rivojlanib bordi. Bu fanning kimyoviy ishlab chiqarishning yangi-yangi apparatlarini, texnologiyasini ilmiy asoslab chiqishda roli juda katta.

Kimyoviy ishlab chiqarishda turli tuman jarayonlar amalga oshiriladi. Olingan xomashyoning turli kimyoviy ta'sirotlar natijasida agregat holati, ichki tuzilishi va tarkibining o'zgarishlari bilan boruvchi, yangi moddalarga aylanishi sodir bo'ladi. Bu o'zgarish kimyoviy texnologik jarayonlarning asosi hisoblanmish, kimyoviy reaksiyalar bilan bir qatorda, ko'pgina fizik (shu jumladan, mexanik), fizik-kimyoviy jarayonlarni ham o'z ichiga oladi. Shunday jarayonlarga: suyuqlik va qattiq materiallarning aralashuvi bir-birining ichiga tarqalishi, maydalash va uni sinflarga bo'linishi, gazlarni bir joydan boshqa joyga o'tkazilishi va siqish, moddalarni isitish va sovitish, ularni aralashtirish bir jinsli bo'lmagan gaz va suyuqliklar aralashmalarini ajratish, eritmalarni bug'lantirish, materiallarni quritish va boshqalar kiradi. Ko'rsatilgan jarayonlarni bajarish usullari ko'pincha ularni amalga oshirish mumkinligini, samaradorligini va ishlab chiqarish jarayonining rentabeligini aniqlab beradi.

Shunday qilib, turli kimyoviy mahsulot va materiallarning ishlab chiqarish texnologiyasi (masalan, ishqorlar, tuzlar, mineral o'g'itlar, bo'yoqlar polimer va sintetik materiallar, plastmassalar va hokazolar), umumiy qonuniyatlar bilan xarakterlanuvchi bir tipdagi fizikaviy — fizik — kimyoviy jarayonlarni o'z ichiga oladi. Kimyoviy texnologiyaning nazariyasiga asos solgan amerikalik olimlardan

V. Bedjer, V. Mak-Keba, rus olimlaridan I. A. Tishenko va A. K. Krupskiy, D. P. Konavalov, L. F. Fokin, K. F. Pavlov va boshqalarni ko'rsatish mumkin.

1- §. Kimyoviy texnologik jarayonlar haqida tushuncha. Asosiy jarayonlarning turlari

Kimyoviy texnologiyada fizik va kimyoviy hodisalar birgalikda olib qaraladi. Shu hodisalarning yig'indisidan texnologik jarayonlar tashkil topadi. 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 issiqliq, elektr zaryadi kabilarning muhit oqimi tufayli ko'chishi — tarqalishidir) orqali amalga oshadi. Reaksiyaga kirishuvchi moddalar qattiq aralashtirilganda konvektiv ko'chishi girdobsimon diffuziya ham deyiladi. Ikki yoki ko'p fazali sistemalarda (sistema — o'zaro fizikaviy yoki kimyoviy taassurotda bo'lgan moddalar guruhi ya'ni bir necha moddalarga aytiladi.

Faza deb sistemadagi individual moddaga aytiladi (yoki tarkibi, fizik-kimyoviy xossalari bir xil bo'lgan, o'zining tashqi sirti — yuzasi bilan sistemaning boshqa qismlaridan ajralib turuvchi sistemaning bir xil qismiga aytiladi) reaksiyaga kirishuvchi komponentlarning reaksiya zonasiga kiritilishi: gazlarning absorbsiyasi yoki desorbsiyasi, bug'larning kondensatsiyalanishi, qattiq moddalarni suyuqlantirish yoki ularni suyuqliklarda eritish, 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 jarayonlari analizida barcha reaksiyalar hisobga olinmaydi, balki faqatgina olinishi kerak bo'lgan asosiy mahsulotning miqdori va sifatiga katta ta'sir ko'rsatiladigan reaksiyalargina hisobga olinadi.

Reaksiya zonasidan mahsulotning chiqarib olinishi ham reaksiyaga kirishuvchi komponentlarning zonaga kiritilishi kabi diffuziya, konveksiya moddalarining 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 sekin boradigan jarayon belgilaydi. Agar kimyoviy reaksiya juda sekin borsa va u umumiy tezlikni belgilasa, bunday vaqtda jarayon kinetik sohada kechadi. Bunday hollarda texnologlar kimyoviy reaksiyani tezlashtiradigan omillarni (olingan xomashyo konsentratsiyasi, katalizatorlarni qo'llash va boshqalar) kuchaytiradilar.

Agar jarayonning umumiy tezligi reaksiya zonasiga reagentlarning kiritilishi yoki mahsulotlarni zonadan chiqarilishi belgilasa, demak, jarayon diffuzion sohada kechadi. Diffuziya tezligini avvalo aralashtirish, harorat va konsentratsiyani oshirish hamda sistemani ko'p fazalidan bir fazaliga o'tkazish va hakozalar orqali oshiriladi. Agar texnologik jarayonni tashkil etuvchi barcha elementlarni (uchala jarayonning ham) tezligi taxminan teng bo'lsa, u vaqtda jarayon o'tish sohasida boradi. Shuning uchun ham avvalo, ham diffuziyani, ham reaksiyani tezligini oshiradigan omillarga ta'sir ko'rsatish kerak bo'ladi, ya'ni dastlabki moddalarning konsentratsiyasi va haroratini oshirish zarur.

2- §. Kimyoviy texnologik jarayonlarning klassifikatsiyasi

Texnologiya jarayonlar ularning harakatlantiruvchi kuchiga ko'ra quyidagi 5 guruhga 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 kuchlarga suyuq va gazsimon sistemalardagi harakat (aralashtirish, filtrlash, cho'ktirish) bilan bog'liq jarayonlar kiradi. Bunday jarayonlarning tezligi gidromexanika qonunlari bilan aniqlanadi. Gidromexanik jarayonlarning harakatlantiruvchi kuchi gidrostatik va gidrodinamik bosimdir.

Issiqlik almashinish jarayoni — haroratlar farqi mavjud bo'lganda bir (harorati yuqori) 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 rejimga 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 adsorbilash, 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 modddalarning o'zaro ta'siri natijasida yangi birikmalarning hosil bo'lishidir. Kimyoviy reaksiyalarda issiqlik va modda almashinish jarayonlari ham sodir bo'ladi. Bu 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 «Kkimyoviy texnologiya jarayonlari va apparatlari» kursida, kimyoviy jarayonlar esa «Kimyoviy texnologiya» kursida o'rganiladi.

Kimyoviy texnologiyaning barcha jarayonlari ikkita: kimyoviy va fizik jarayonlarga bo'linadi. Kimyoviy reaksiyalar, kimyoviy texnologik jarayonlarning eng muhim bosqichidir. Kimyoviy texnologik jarayonlarni klassifikatsiyalashda kimyoviy reaksiyalarning oddiy, murakkab-parallel va murakkab ketma-ketlikka bo'linishi hisobga olinadi.

Kimyoviy-texnologik jarayonlarning ayrim sinflarini tavsiflashda reaksiyalar, reagentlarning o'zaro ta'sirlashuvini tipiga qarab ikkiga: oksidlanish-qaytarilish (gomolitik) va kislota — asosliga (geterolitik) bo'linadi. Kimyoviy reaksiyalar va massa o'tkazish jarayonlari qaytar va qaytmas bo'lishi mumkin, shunga qarab texnologik jarayon ham farq qiladi.

Texnologik jarayonlarning klassifikatsiyasida ularni optimallash uchun zarur bo'lgan texnologik rejim katta ahamiyat kasb etadi.

Texnologik rejim deb jarayonning tezligi, mahsulotni unumi va sifatiga ta'sir etuvchi asosiy omillar (parametrlar) yig'indisiga aytiladi. Ko'pchilik kimyoviy-texnologik jarayonlar uchun rejimning asosiy parametrlari harorat, bosim, katalizatorlarni qo'llash va ularning aktivligi, o'zaro reaksiyaga kirishuvchi moddalarning konsentratsiyalari, reagentlarning aralashtirish usullari kabilar hisoblanadi.

Kimyoviy texnologik jarayonlarning ba'zi tiplari uchun rejimning boshqa, ko'pchilik kimyoviy-texnologik jarayonlarga xos bo'lmagan ko'rsatkichlari birinchi darajali ahamiyat kasb etadi. Masalan, elektrokimyoviy jarayonlar, tok kuchi va kuchlanish bilan, radiatsion kimyoviy jarayonlar esa qo'llaniladigan radiatsiya darajasi bilan tavsiflanadi.

Texnologik rejim parametrlari tegishli reaktorlarni konstruksiyalash prinsiplarini aniqlab beradi. Texnologik rejim parametrlarining optimal qiymati, apparatlarning eng yuqori mahsuldorligi va

jarayonlarda xizmat qiluvchi kishilarning mehnat unumdorligiga to'g'ri keladi. Shuning uchun ham texnologik rejim parametrlarining qiymatlari va tabiati, kimyoviy-texnologik jarayonlar klassifikatsiyasida asos qilib olingan. Ammo texnologik rejim parametrlarining barchasi bir-biriga bog'liq bo'ladi. Parametrlardan birining o'zgarishi rejimning boshqa parametrlarini maqbul qiymatlarini o'zgarishiga olib keladi. Shuning uchun ham texnologik jarayonlarni, rejimning barcha parametrlari bo'yicha kimyoviy texnologiyaning umumiy kursida aniq sinflarga bo'lish maqsadga muvofiq emas.

Jarayonning tezligi va reaktorlarning konstruksiyasiga reagentlarni aralashtirish darajasi va usuli kuchli ta'sir ko'rsatadi. O'z navbatida reaksiyaga kirishuvchi massani aralashtirish usuli va darajasi moddalarning agregat holatiga bog'liq. Qayta ishlanadigan moddalarning agregat holatlari ularni texnologik qayta ishlash usullarini hamda apparatlarni konstruksiyalash 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. Quyidagi ikki fazali sistemalar mavjud: gaz-suyuq, gaz-qattiq, suyuq-suyuq (bir-biriga aralashmaydigan suyuqliklar), suyuq-qattiq, qattiq-qattiq. Ishlab chiqarish amaliyotida quyidagi sistemalar ko'p uchraydi. G-S, G-Q, S-Q. Ba'zi 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 xarakter kasb etadi, kimyoviy reaksiya esa gaz yoki suyuq muhitda gomogen jarayonda boradi. Ammo bir qator ishlab chiqarishlarda G-Q, G-S, S-Q chegarasida geterogen reaksiyalari boradi va ular odatda, jarayonning umumiy tezligini belgilaydi. Geterogen reaksiyalar, jumladan, suyuq va qattiq moddalarning yonishida (oksidlanganda), metall va minerallar kislota va ishqorlarda eriganida sodir bo'ladi.

Kimyoviy jarayonlar katalitik va nokatalitik bo'ladi. Texnologik rejim parametrlarining ahamiyatiga qarab, jarayonlar past va yuqori haroratli, vakuumda, o'rta va yuqori bosimda boruvchi, dastlabki moddalari yuqori va past konsentratsiyali va boshqalarga bo'linadi. Ammo ayrim kimyoviy ishlab chiqarishlar bo'yicha ba'zi qo'llanmalarda yoritilganidek batafsil klassifikatsiya, kimyoviy texnologiyaning umumiy kursi uchun murakkab va ortiqchadir.

Tegishli apparatlar va ularda amalga oshiriladigan jarayonlar vaqt birligida jarayonning borish tabiatiga qarab davriy va uzluksiz jarayonlarga bo'linadi. Uzluksiz ishlovchi reaktorlar *oqimli reaktorlar* deyiladi, chunki ular orqali reaksiyaga kirishuvchi massa katta oqim bilan o'tib turadi.

Gidrodinamik rejim reaksiyaga kirishayotgan komponentlar reaksiya mahsulotlari bilan birgalikda aralashtirishni ikki turga ajratadi: 1) to'liq aralashtirish; 2) ideal siqib chiqarish.

To'liq aralashtirish — bu shunday rejimki, unda girdob shu qadar kuchli bo'ladiki, reagentlar konsentratsiyasi oqimli reaktorlarda (oqimli reaktorda reagentlar reaktorning bir tomonidan kirib ikkinchi tomonidan chiqib ketadi) apparatning butun hajmida, ya'ni, xomashyo kiritiladigan joydan, to mahsulotlar aralashmasi chiqarib olinadigan qismigacha bir xil bo'ladi (20- rasm, 2- egri chiziq).

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. To'liq aralashtirish rejimida reaksion hajmida konsentratsiyaning bunday o'zgarishi kuzatilmaydi. Sanoat oqimli

reaktorlarida, to'liq aralashtirish apparatlariga qaraganda aralashtirish darajasi har doim kam, ideal siqib chiqarish apparatiga nisbatan esa ko'p bo'ladi.

Harorat rejimiga qarab oqimli reaktorlar va unda kechayotgan jarayonlar izotermik, adiabatik va politermik bo'ladi. Izotermik reaktorlarda harorat butun reaksion hajmda doimiy bo'ladi. Ideal izotermik rejim yetarli darajada kuchli aralashtiriladigan, to'liq aralashtirish rejimiga 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 kirmaydi va ichkaridan tashqariga ham chiqmaydi, reaksiyaning barcha issiqligi, reaksiyaga kirishayotgan moddalarning oqimi bilan akkumlatsiyalanadi (to'planadi). Ideal adiabatik rejim 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 apparatga hisoblangan holda (ya'ni apparatning loyihasiga mos holda) issiqlik berish bilan kompensatsiyalanadi. Natijada harorat reaksiya hajmini uzunligi (yoki balandligi) bo'yicha turli xilda o'zgaradi va harorat rejimi ham grafikda turli egri chiziqlarda ifodalanadi, uning ko'rinishi taxminan hisobga (dasturga) mos holda bo'ladi va texnologik rejim parametrlarini o'zgartirish orqali to'g'rilanadi. Sanoat reaktorlari ko'pincha politermik harorat rejimiga ega, ba'zan izotermik yoki adiobatik rejimga yaqinlashadi.

Moddalarning kimyoviy o'zgarishlari u yoki bu darajada issiqlik jarayonlari bilan boradi. Issiqlik samarasiga (effekti) 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 klassifikatsiyalash 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 klassifikatsiyasi 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.

3- §. 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 CO_2 ni tozalashda, gazlar ohakli suvdan o'tkaziladi (yuviladi) bu reaksiya qaytmas reaksiyadir.

$$CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O - \Delta H$$

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

$$4FeS_2 + 11O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + 8\,SO_2 - \Delta H$$

Qaytar reaksiyalarda 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 muvozonatni qayta tiklovchi kimyoviy hamda diffuzion jarayonlar boshlanadi. Kimyoviy muvozonatda termodinamikaning ikkinchi qonunini qo'llash mumkin. Bu qonunga binoan izotsiyalangan (ajratilgan) sistemada kimyoviy muvozonatning 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 rejim asosiy parametrlarning ta'siri Le-Shatele prinsipi bilan aniqlanadi. Le-Shatele prinsipiga muvofiq muvozanatda bo'lgan sistemaning tashqi ta'sir tufayli muvozonati buzilsa, sistemani muvozonatdan chiqaruvchi ta'sirni kamaytiradigan tomonga yo'nalgan o'zgarish sodir bo'ladi. Misol tariqasida ekzotermik sintez reaksiyasiga Le-Shatele prinsipi qo'llanilishini ko'rib o'tamiz.

$$mA+nB \rightleftarrows PD - \Delta H \qquad (1.6)$$

(bu asosiy model reaksiya hisoblanadi, chunki bu reaksiya ko'pchilik ishlab chiqarish jarayonlari uchun masalan, SO_2 ni SO_3 gacha oksidlash, SO_3ni adsorblanishi, NH_3, HCl, spirtlar, yuqori molekular birikmalar sintezi va boshqalar asosiy reaksiyadir).

Bu tenglama m, n va p lar A, B va D moddalarning molar miqdori, ΔH — entalpiya o'zgarishi, ya'ni reaksiyaning issiqlik effekti. Ko'pchilik kimyoviy texnologiya qo'llanmalarida reaksiyaning issiqlik effekti dp Joul/mol bilan belgilangan:

$$dp= -\Delta H$$

Modda hajmini V bilan belgilasak, u vaqtda $V_A+V_B>V_D$ bo'ladi, ya'ni, hajm kamayishi bilan reaksiya boradi. Olinadagan modda miqdoriga ta'sir etuvchi asosiy sharoitlar: harorat-t , bosim R va

reaksiyaga kirishayotgan moddalarning modda konsentratsiyasi — S_A, S_V va S_D. Muvozonatni o'ngga siljishi uchun ya'ni, reaksiya mahsulotini ko'paytirish uchun Le-Shatele prinsipiga muvofiq haroratni va mahsulot (S_D) konsentratsiyasini kamaytirish kerak, ya'ni reaksiya mahsulotini reaksiya zonasidan chiqarib olib turish hamda bosimni va reaksiya zonasida dastlabki moddalar S_A va S_V konsentratsiyasini oshirish kerak. S_A ni oshirish V moddani to'liq reaksiyaga kirishishiga va o'z navbatida S_V ni oshirish esa, A moddani to'liq reaksiyaga kirishishiga olib keladi. Bunday amallar ishlab chiqarishda keng qo'llaniladi, masalan, vodorod xlorid sintezida reaksiyaning umumiy tenglamasiga binoan:

$$Cl_2+H_2 \rightleftarrows 2HCl - \Delta H$$

Reaksiya mahsuloti (HCl) tarkibida xlor gazining bo'lishi, maqsadga muvofiq emas (chunki u xlorid kislotani ifloslaydi), vodorod gazi 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-Shatele prinsipini qo'llaganda masalan, gazlar aralashmasini suyuqlikka yutilishida, gazlarni suyuqlikdagi muvozonat konsentratsiyasi yoki gazlarning absorbsiya muvozanat darajasi (ya'ni mahsulot unumi) haroratni pasaytirish va bosimni oshirish hamda yutilgan komponentlarning suyuqlik ustidagi parsial bosimini kamaytirish orqali oshiriladi.

Parsial bosimni kamaytirish absorbsiya zonasidan mahsulotni chiqarib turish orqali amalga oshirilishi mumkin. Masalan, mahsulotni, kristallab 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 gazlarni suyuqlikdagi muvozonatni oshiradi. Ammo bunda absorbsiya darajasi o'zgarmasligi mumkin.

Le-Shatele prinsipiga muvofiq qattiq kristall moddalarning suyuqlikda erishi, agar bu jarayon endotermik bo'lsa, haroratning ko'tarilishi bilan ortadi, chunki kristallik panjaraning yemirilishi uchun sarflanadigan energiya miqdori, odatda, molekulaning solvatlanish

issiqligidan ko'p, ya'ni, ortiq bo'ladi. Bunda bosim amalda ta'sir etmaydi, chunki hajm juda kam o'zgaradi.

Muvozonat konstantasi. Muvozonat konstantasi dinamik muvozonatni miqdoriy o'lchash uchun xizmat qiladi. Fizik- kimyoda muvozonat 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 molar konsentratsiyalarning ko'paytmasiga to'g'ri proporsionaldir (1864- yilda Kato Maksimilian Gulberg va Piter Vaagelar massalar ta'siri qonunini kashf etdilar, bu qonun muvozonatdagi sistemaning reaksiya mahsuloti va dastlabki reagentlarning nisbiy konsentratsiyalarini muvozonat konstantasi deb ataluvchi kattalik orqali ifodalaydi).

(1.6) reaksiya uchun to'g'ri reaksiya tezligi

$$\vec{u}_1 = K_1[A]^a \cdot [B]_1^b \qquad (1.7)$$

teskari reaksiya tezlagi esa ,

$$\vec{u}_2 = K_2[D]^d \qquad (1.8)$$

tenglama bilan ifodalanadi.

Bu yerda, K_1 va K_2— to'g'ri va teskari reaksiyaning tezlik konstantasi, A, B va D — reaksiyaga kirishayotgan moddalarning ayni paytdagi molar konsentratsiyalari (yoki parsial bosimi) ya'ni vaqt o'zgarishi bilan o'zgaruvchi kattalik. Muvozonat konstantasi — K, muvozonat paytida to'g'ri reaksiya tezlik konstantasini teskari reaksiya konstantasiga bo'lgan nisbatidan keltirib chiqariladi,ya'ni $\vec{u}_1 = \overleftarrow{u}_2$ muvozonatda bo'lganda

$$K_1[A^*]^m_*[B^*]^n = K_2[D^*]^p \quad \text{bo'ladi.} \qquad (1.9)$$

Bundan:
$$K = \frac{K_1}{K_2} = \frac{[D^*]^p}{[A^*]^m \cdot [B^*]^n} \qquad (1.10)$$

Bu tenglamadagi $[A^*]^m$, $[B^*]^n$ va $[D^*]^p$ lar sistema muvozonat holatida bo'lganda reaksiyaga kirishayotgan komponentlarning parsial

bosimi. Gazlar uchun K ni reaksiyaga kirishayotgan komponentlarning parsial bosimi P bilan, komponentlar konsentratsiyasi — S va nihoyat ularning molar qismi N bilan ifodalash mumkin. Bunda, K_r, Ks va K_N lar bilan belgilanuvchi tegishli muvozonat konstantalari hosil bo'ladi. Ular bir-biri bilan quyidagi tenglamalar orqali bog'liq bo'ladi:

$$K_r = K_s(PT)^{\Delta N} \qquad (1.11)$$

$$K_r = K_N P^{\Delta N} \qquad (1.11a).$$

Bu yerda, P — gazlar aralashmasining umumiy bosimi; ΔN-reaksiya natijasida gazlar mollari, sonining ortishi. Yuqoridagi model reaksiya (1.6) uchun

$$\Delta N = P - (m+n) \quad (1.12)$$ bo'ladi.

(1.5) tenglama, texnik hisoblarda muvozonat konstantasi K ni hisoblashda foydalanilmaydi, chunki muvozonat 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 muvozonat konstantalarining qiymatlari maxsus qo'llanmalar va ma'lumotlarda tegishli jadval yoki nomogrammalar shaklida berilgan. K ni tajriba ma'lumotlariga asoslanib aniqlash uni mahsulot unumi orqali ifodalaydilar.

Mahsulot unumi, aylanish darajasini (xomashyoni tayyor mahsulotga aylanishi nazarda tutilmoqda) sharoitga bog'liq holda, muvozonat unumi va faktik unum bilan ifodalash mumkin. Aylanish darajasi dastlabki olingan asosiy modda- (xomashyo)ning tayyor mahsulotga aylangan qismini dastlabki moddaning umumiy miqdoriga bo'lgan nisbati bilan ifodalanadi.

$$x = (G_d - G_o)/G_d \qquad (1.13)$$

Bunda, x — aylanish darajasi; G_g — dastlabki modda (xomashyo); G_o — hosil bo'lgan tayyor mahsulot (ya'ni oxirgi modda) tarkibidagi reaksiyaga kirishmay qolgan dastlabki modda. (1.13) formuladagi modda miqdori o'rniga, moddalarni dastlabki(G_d) va oxirgi (G_o) konsentratsiyasini qo'yish mumkin. Boshqa sharoitida aylanish darajasi mahsulotning umumiy unumi sifatida hisoblanadi.

$$X = G_F/G_M \qquad (1.14)$$

Bunda, X — mahsulot unumi; G_F — amalda olingan (faktik) 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, reaksion aralashmaning asosiy qimmatbaho komponenti hisobga olinadi, qaysiki, u stexiometrik hisobdan kam bo'ladi. Masalan, sanoatda $2SO_2+O_2= 2SO_3$ reaksiyasida asosiy reagent SO_2 hisoblanadi, kislorod esa havo tarkibida bo'lib qimmatbaho reagent hisoblanmaydi. Shuningdek, barcha havo kislorodi ishtirokida boradigan oksidlanish reaksiyalarida, kislorod doim ortiqcha olinadi va qimmatbaho reagent hisoblanmaydi. Yoki etilenni gidratlanish reaksiyasida $H_2C=CH_2+H_2O \rightarrow C_2H_5OH$ asosiy qimmatbaho reagent etilen hisoblanadi.

Suv esa qimmatbaho reagent hisoblanmaydi va ko'pchilik gidratlanish raksiyalarida (masalan, gidroliz reaksiyalarida, suv bug'i bilan konversiyalashda va boshqalarda) suv bug'i ortiqcha olinadi. Fazalararo 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'tishi jarayonida bunday unum (X) *fazalar aro o'tish darajasi* deyiladi. Masalan, absorbsiyalanish darajasi, desorbsiyalanish darajasi va boshqalar.

Agar (1.14) formulada, suratga sistema muvozonat holatda bo'lganda G_{MZ} olingan mahsulot miqdori qo'yilsa, u vaqtda unum *muvozonat unumi* yoki *nazariy unum* deyiladi.

$$X_{MY}=(G_{MZ}/G_M) \qquad (1.15)$$

Faktik unum (nazariyga nisbatan olinganda) X_F jarayonning muvozonatga yaqinlanish darajasini aniqlab beradi va u ko'pincha foizlarda ifodalanadi.

$$X_F=(G_F/G_{MZ})100=(G_F/G_M \cdot X_{MZ})100 \qquad (1.16)$$

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

$$S=X_B/X_B+X_D \qquad (1.17)$$

yoki

$$S = \frac{G_B}{G_A}$$

Bunda, B — modda (mahsulot)ning miqdori — G_B; A — moddaning mahsulotga aylangan qismining miqdori — $G_A$dir.

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

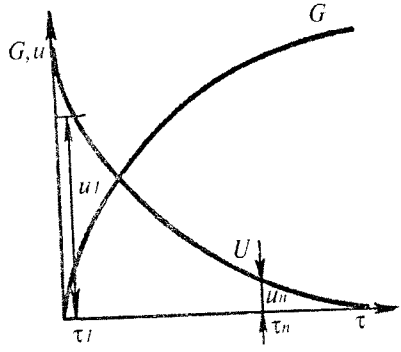
Kinetikasi hali to'g'ri o'rganilmagan qator jarayonlar uchun mahsulot unumi, jarayonning to'liq borganligi va tezligining yagona o'lchamidir. Agar jarayonning kinetik tenglamasi (reaksiya tezligining asosiy formulasi) ma'lum bo'lsa, u vaqtda reaktor ishining jadalligini miqdoriy baholash uchun va ishlab chiqarish jarayonlari texnologik hisobi uchun jarayonning tezlik konstantasi — K dan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Qaysiki, geterogen jarayonlarda K massa *uzatish koeffitsienti* deyiladi. Massa uzatish koeffitsienti, odatda reaksiyaga kirishayotgan fazalarning haqiqiy va muvozonat konsentratsiyalari har xil bo'lganda, 0,1 MPa bosimda (ya'ni 1 m^3 gaz yoki suyuq fazada 1 kg bosimda) 1 m^2 yuzada bir fazadan boshqa fazaga 1 soat da o'tgan moddaning kg miqdori bilan o'lchanadi. Jarayonning tezlik konstantasi reaksiyaga kirishayotgan moddalar konsentratsiyasi va vaqtga bog'liq emas. Bu faqat haroratning funksiyasidir.

4- §. 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 diffuziyalanishidar. Yuqorida

ko'rib o'tgan muvozanat qonuniyati faqatgina olinishi mumkin bo'lgan yuqori nazariy mahsulot unumini aniqlash imkonini beradi. Ammo ishlab chiqarish jarayonlarida nazariy unumga odatda dastlabki moddalarning konsentratsiyasi kamayib borishi bilan reaksiyaning umumiy tezligi sekinlashuvi sababli $u = \vec{u}_1 - \overleftarrow{u}_2$ erishib bo'lmaydi.

Qaytmas jarayonlarda esa, ya'ni $u_2=0$ bo'lganda dastlabki regentlardan biri to'liq sarflanib bo'lgach, reaksiya tezligi nolga intiladi ($u \to 0$). Qaytar reaksiyalarda esa muvozonatga erishilganda, ya'ni $\vec{u}_1 = \overleftarrow{u}_2$. bo'lganda reaksiya tezligi ($u \to 0$) bo'ladi. Massalar ta'siri qonuniga binoan ajratilgan izolyatsiyalangan sistemalarda (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 (19- rasm). Mahsulot unumi X ham xuddi shunday egri chiziq bo'yicha (pastga tushuvchi chiziq) o'zgaradi.

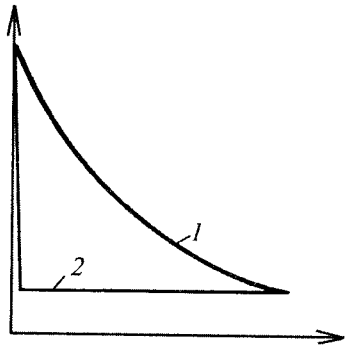


19- rasm. Massalar ta'siri qonuni bo'yicha qaytmas jarayon kinetikasi p,t=const.

Vaqt birligida olingan mahsulot miqdori bilan ifodalangan (pastga tushuvchi chiziq) reaksiya tezligi jarayonining boshlanishida ordinata o'qining katta qismini u_1 tashkil etadi. Ma'lum — τ_n vaqtdan keyin esa faqatgina u_n qismigina tashkil etadi xolos. Qaytmas jarayonlarda reaksiya tezligi muvozonatga yaqinlashganda yoki dastlabki olingan moddalar konsentratsiyasi kamayganda nolga intiladi. Bunday sust tezlikda ishlab chiqrish jarayonini olib borish maqsadga muvofiq emas, shuning uchun ham uni muvozonatgacha olib borilmaydi. Vaqti-vaqti bilan, ya'ni davriy ishlovchi (izolyatsiyalangan sitemalarni) yoki ideal siqib chiqarish apparati rejimiga yaqin bo'lgan oqimiy apparatlarda boruvchi har qanday fazolararo massa o'tkazishda va kimyoviy reaksiyalar uchun, vaqtga nisbatan jarayonning tezligi (kinetikasi)ni 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 tavsiflash mumkin (20- rasm). Bunda modda miqdori massa yoki hajm birligida, konsentratsiya esa massa ulushlarida yoki foizlarda va hajm birligida mol yoki porsial 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 τ_1 dan τ_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 quydagicha yoziladi.



20- rasm. To'liq aralashtirishga yaqinlashganda (2- chiziq) va to'liq aralashtirilmaganda (1- egri chiziq) yoki ideal siqib chiqarish rejimida jarayonda vaqt o'tishi bilan dastlabki modda konsentratsiyasi o'zgarishi (C_d – dastlabki modda konsentratsiyasi; C_b – boshlang'ich va C_{ox} – oxirgi konsentratsiya)

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

Agar vaqt o'lchovi $\tau = 0$ dan mahsulot miqdori $G=0$ dan mahsulot konsentratsiyasi $S_1 = 0$ dan boshlansa, u paytda:

$$U_G = \frac{G}{\tau}; \qquad U_c = \frac{C}{\tau}; \qquad U_x = \frac{x}{\tau} \text{ bo'ladi.} \qquad (1.19)$$

Ideal siqib chiqarish va chala aralashtirish vaqt birligida mahsulot miqdorining va konsentratsiyaning o'zgarishi to'g'ri chiziqli bo'lmay, balki kamayib borish tartibida bo'ladi (20- rasm) va bunda jarayon tezligi quydagicha aniqlanadi:

$$U_G = \frac{dG}{d\tau} \quad \text{va} \quad Uc = \frac{dc}{d\tau} \tag{1.20}$$

Yoki tayyor mahsulotga aylanish darajasi bo'yicha aniqlanadi:

$$U = \frac{dx}{d\tau} \tag{1.21}$$

(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 tenglama tiplaridan foydalaniladi:

1. Gomogen va geterogen jarayonlar to'qnashuv yuzasi F ning kattaligi noma'lum bo'lganda, massalar ta'siri qonuniga binoan

$$U = K \cdot V \cdot \Delta C \text{ yoki } U = K \cdot \Delta C \tag{1.22}$$

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

$$U = K \cdot F \cdot \Delta C \tag{1.23}$$

Bu tenglamada, K — jarayonning tezlik konstantasi; ΔC — jarayonning harakatlantiruvchi kuchi; F — geterogen sistemalarda reaksiyaga kirishuvchi fazolarning bir-biriga tegib turuvchi yuzasi.

Jarayon tezligining konstantasi yoki koeffitsenti murakkab kattalik hisoblanadi. Ular nafaqat reaksiyaga kirishayotgan moddalarning kimyoviy xossalariga, balki ularning fizik tavsiflari, apparat konstruksiyasi, jarayon olib boriladigan gidrodinamik sharoitlari (oqim tezliklari, aralashtirish darajasi), reaksiya kirishuvchi moddalar va reaksiya mahsulotining diffuziyalanishiga bog'liq bo'ladi. K- ning qiymati odatda tajriba yo'l bilan aniqlanadi. Bir qancha jarayonlar uchun esa turli sharoitlarda K- ning kattaliklari jadvallari turli qo'llanmalarda berilgan.

Jarayonning harakatlantiruvchi kuchi ΔC gomogen reaksiyalar uchun massalar ta'siri qonuniga binoan ayni paytda reaksiyaga

kirishuvchi moddalar konsentratsiyalarining ko'paytmasi sifatida aniqlanadi. Model reaksiya (1.6) uchun, agar u qaytmas bo'lsa yoki muvozonat holatidan ancha uzoqda borsa,

$$\Delta C = C_A^a \cdot C_B^b \quad \text{bo'ladi.} \tag{1.24}$$

Bu yerda, C_A^a *va* C_B^b — joriy (reaksiya borayotgan paytdagi) konsentratsiya. Masalan, HCl sintezi reaksiyasida $Cl_2+H_2 \rightarrow 2HCl$ to'g'ri reaksiya tezligini quyidagi formula bo'yicha ifodalash mumkin.

$$U = K \cdot \Delta C = K \cdot C_{Cl_2} \cdot C_{H_2} \tag{1.25}$$

Bunda, Cl_2 bilan C_{H_2}, Cl_2 va H_2 ning gazlar aralashmasidagi joriy konsentratsiyasi. Qaytar reaksiyalar uchun:

$$\Delta C = (C_A - C_A^*)^a \cdot (C_B - C_B^*)^b \tag{1.26}$$

Bunda, C_A^* va C_B^* muvozonat konsentratsiya bo'lib, (1,10) tenglama asosida hisoblab chiqariladi. Agar muvozonat konsentratsiyasini hisoblash qiyin bo'lsa, u paytda model reaksiyasining umumiy tezligini quyidagi tenglamadan foydalanib aniqlash mumkin:

$$u = \vec{u}_1 - \vec{u}_2 = \frac{dC_D}{d\tau} = \underbrace{K_1 \cdot C_A^a \cdot C_B^b}_{\Delta C_1} - \underbrace{K_2 \cdot C_D^d}_{\Delta C_2} \tag{1.27}$$

Bu yerda, C_A, C_B, C_D — haqiqiy joriy konsentratsiyalar; K_1,K_2 — to'g'ri va teskari reaksilarning tezlik konstantalari; ΔC_1 va ΔC_2 — to'g'ri va teskari reaksiyalarning harakatlantiruvchi kuchi.

(1.22) va (1.25) kinetik tenglamalarda harakatlantiruvchi kuchni gaz komponentlarning parsial bosimi R orqali fodalash mumkin. Masalan, (1.6) model reaksiya uchun $u = K_1 \cdot \Delta P = K_1 \cdot P_A^a \cdot P_V^v$ (1.22a) hisoblash uchun harakatlantiruvchi kuch reaksiyaga kirishayotgan moddalarnig boshlang'ich konsentratsiyasi va ularni boshqa moddaga aylanish darajasi orqali ifodalanadi. Massa uzatish uchun, vaqtning ayni paytida harakatlantiruvchi kuch — ΔC quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi.

$$\Delta C = C - C^* \tag{1.28}$$

Bunda, C — uzatuvchi faza komponentlarining haqiqiy konsentratsiyasi; C* — uzatuvchi fazada muvozanat konsentratsiya (masalan, eritmaga yutilayotgan komponentning eritma ustidagi parsial bosimi); ΔC ni aniqlash uchun formulaning ko'rinishi aralashtirish darajasiga bog'liq bo'ladi. To'liq aralashtirishda ΔC doimiy bo'ladi, ya'ni (1.22) va (1.23) formulalar bo'yicha hisoblanganda o'rtacha qiymat qo'yiladi. $\Delta C_{o'rt}=\Delta C_{ax}$ ideal siqib chiqarish va qisman aralashtirishda ΔC logorifmik egri chizig'i bo'yicha o'zgaradi (21- rasm) va (1.22) hamda (1.23) formuladan foydalanilganda quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi.

$$\Delta C_{o'rt}=\frac{\Delta C_b-\Delta C_{ox}}{2{,}13g\dfrac{\Delta C_b}{\Delta C_{ox}}} \qquad (1.29)$$

Bunda, ΔC_b va ΔC_{ax} — boshlang'ich (reaktorga kirishadi) va oxirgi (reaktordan chiqishdagi) harakatlantiruvchi kuch.

Reaksiyaga kirishadigan moddalarning bir-biriga tegib turgan sirti geterogen sistemalarda gidrodinamik jarayonlar bilan aniqlanadi. Kuchli aralashtirilganda g—q va s—q sistemalarda sirt gaz va suyuqlik bilan yuvilib turiladigan 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 (1.23) formulaga, apparatdagi 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 reaksion hajm — V biriligada o'tkaziladi, ya'ni geterogen jarayonlarni hisoblash uchun

$$u=dG/d\tau=K\cdot\upsilon\Delta C \qquad (1.30)$$

formuladan foydalaniladi.

Bunda, u — jarayon tezligi (vaqt birligida mahsulot ortib borgandagi jarayon tezligi); dG — vaqt birligidagi mahsulot unumi;

$d\tau$ — vaqt birligi (oz vaqt davri); K—jarayonning tezlik konstantasi; ΔC—jarayonning harakatlantiruvchi kuchi; v — reaksion hajm kattaligi.

Shunday qilib jarayon tezligini aniqlovchi kattaliklar K.v. F o'zaro ta'sir etuvchi moddalar 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 mahsuldorligini oshirish — texnologiyaning asosiy vazifalaridan biridir. Jarayonning tezlik tenglamalarini (1.22) (1.23) analiz qilib ΔC K va F (v) kattaliklarni aniqlovchi usullar topiladi.

Jarayonning harakatlantiruvchi kuchi ΔC oshirishga, (1.24) — (1.28) tenglamalardan ma'lumki, dastlabki moddalar konsentratsiyasini oshirish yo'li orqali erishilishi mumkin. Bunga xomashyoni boyitishi 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 (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 qobiqlarning qayta taqsimlanishiga (qayta qurilishiga) kristallarni deformatsiyalanishiga, fazaviy muvozanatni siljitishga olib kelishi lozim. Masalan, metall suyuqlanmasida erigan uglerod (grafit) o'ta yuqori bosimda (10 000 MPa gacha bosimda) va yuqori haroratda (2400°C gacha) sanoatda sun'iy olmosga aylantiriladi.

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

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

Demak, C* ni ortishiga olib keluvchi haroratni oshirish foydalidir.

Reaksiya zonasidan mahsulotni kondensatsiyalash, gaz muhitdan sorbsiyalash yoki suyuqlikdan kristall shaklida cho'ktirib olish yo'li bilan chiqarib olish va shu kabilar, muvozanat konsentratsiyasini C* kamayishiga va jarayonning harakatlantiruvchi kuchini ΔC ortishiga olib keladi, (1.26—1.28) tenglamalarga qarang. Amaliyotda jarayonning tezlik konstantasiga ta'sir etishini hisobga olgan holda, harakatlantiruvchi kuchini oshiradigan barcha omillarni kompleks qo'llashga intiladi.

Jarayonning tezlik konstantasini oshirishga o'zaro reaksiyaga kirishayotgan moddalarning haroratini oshirish, aralashtirishni 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 Kq reaksiyalar hamda dastlabki moddalarning diffuziyalanish koeffitsienti D_1, D^1_1 va reaksiya mahsulotlari D_2, D^1_2... ga bog'liq bo'ladi.

$$K=f(K_1 \cdot K_2, Kq...D_1..., D_2...) \qquad (1.32).$$

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

Kinetik sohada boruvchi ko'pchilik jarayonlar uchun reaksiyaning tezlik konstantasiga haroratning ta'siri Arrenius tenglamasidan foydalanib topiladi.

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

Hisoblashda bu formula logorifmlanadi va qayta o'zgartiriladi.

$$2,3 \lg \frac{K_2}{K_1} = \frac{E}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right) \qquad (1.34)$$

Bu formulada, K_1, K_2 — tegishli absolut harorat T_1, T_2 larda reaksiyaning tezlik konstantasi; 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 ni har qanday haroratda ham aniqlash mumkin va so'ngra reaksiya tezligining harorat koeffitsienti β ni hisoblab chiqarish mumkin.

$$\beta = \frac{K_T + 10}{K_T} \tag{1.35}$$

Vant-Goff qoidasiga binoan odatda harorat koeffitsienti 2 — 4 ga teng, ya'ni harorat ham 10°C ga ko'tarilganda reaksiya tezligi 2—4 marta ortadi. Ammo bu qoida taxminiy bo'lib, o'rtacha harorat hududda (10—400°C) aktivlanish energiyasi 60000 — 120000 j/mol bo'lganda qo'llash mumkin bo'lgan qoidadir.

Diffuzion sohada haroratning ta'siri kinetik sohaga nisbatan kichik. Gazlar uchun

$$D_g = B \cdot \frac{T^{\alpha}}{P} \tag{1.36}$$

Bunda, D_g — gazlarning diffuziyalanish koeffitsienti; B — diffuziyalanuvchi moddaning molekular massasiga bog'liq bo'lgan koeffitsienti; P — gazning umumiy bosimi; α odatda 1,5—2,0 chegarasida o'zgaradi. Suyuqliklar uchun esa

$$D = B' \cdot \frac{T}{\mu} \tag{I.37}$$

Bunda, B′ — diffuziyalanuvchi moddaning molekular massasiga bog'liq bo'lgan koeffitsienti (suyuqliklarda), μ — erituvchi qovushqoqligining dinamik koeffitsienti.

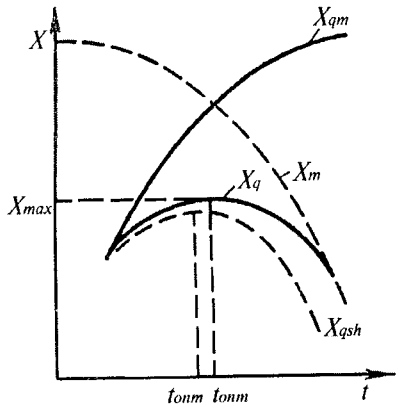
Suyuqliklarda qovushqoqlik yuqori bo'lganligi uchun diffuziyalanish gazlarda nisbatan ancha sekin boradi. Eritmalarda diffuziyalanish koeffitsienti gazlarga nisbatan 10^4 — 10^5 marta kichik va 10^{-4} — 10^{-5} sm^2/s ga teng (gazlarning diffuziyalanish koeffitsienti 0,1—1 cm^2/s. ga teng).

(1.33), (1.36) tenglamalardan malumki, haroratning ortishi bilan to'g'ri jarayonning tezligi to'xtovsiz ortib borishi kerak. Ammo ishlab chiqarish amaliyotida haroratning ortishi bilan jarayonning jadallashuvini 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 0°C gacha bo'lishi mumkin, yanada oshirish teskari reaksiyani tezlatib yuborishi mumkin), (21- rasm). Yuqori haroratda muvozanat konstantasi 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. K_2 ning o'sishi K_1 dan ortiq bo'ladi. Jarayonning ayni sharoiti uchun maqbul harorat t_{onm} muhim rol o'ynaydi. Yani maqbul haroratdagina eng yuqori tezlikka

$$u = \vec{u}_1 - \vec{u}_2$$

va yuqori mahsulot unumiga X_{max} erishiladi.



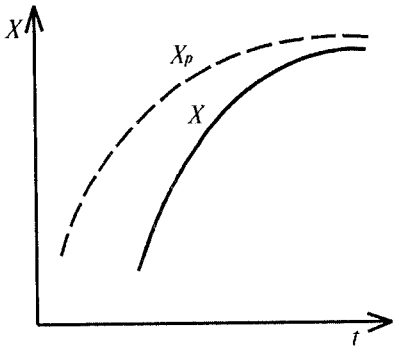
21- rasm. Ekzotermik jarayonlar uchun mahsulot unumining haroratga bog'liqligi. (τ, p, Cab, Svb=const).

Xm – mahsulotning muvozanat unumi; Xqm – qaytmas jarayonlar uchun mahsulot unumi; Xq – qaytar jarayonlar uchun mahsulot unumi; Xqsh – qo'shimcha reaksiyalar bo'lgandagi unumi.

Masalan, SO_2ning oksidlanish egri chizig'i metanol va yuqori spirtlar sintezi, ammiak sintezi va boshqalar xuddi shunday xarakter kasb etadi. Metanol va yuqori spirtlar sintezini olib qaraylik. Unda haroratning ortishi qo'shimcha reaksiyalar tezligini sekin oshiradi, shuning uchun ham mahsulot unumi yanada kamayadi.

Endotermik jarayonlar uchun (masalan, metanni suv bug'i bilan konversiyasida) yuqori harorat qaytar ekzotermikka nisbatan ijobiy ta'sir etadi, chunki haroratning ortishi bilan K va K_x ning muvozanati

ortadi. Ammo haroratni cheksiz oshira borish ham maqsadga muvofiq emas, chunki X so'nib (pasayib) boruvchi egri chiziq bo'yicha ortadi (22- rasm). Ko'pchilik ishlab chiqarishlarda haroratni oshirish reaksiyaga kirishayotgan moddalarning reaksiya zonasidan chiqib ketishiga olib keladi. Masalan, suyuqlik reaksiyani aralashmalardan desorbsiyalanib ketishi yoki qattiq reagentlar yuzasi kamayishi sababli (donador shakldagi qattiq aglomeratlar, reagentlar suyuqlanib bir-biriga yopishib qolishi tufayli) ularning ta'sir yuzasi kamayadi.



22- rasm. Endotermik qator reaksiyalar uchun mahsulot unumining haroratga bog'liqligi. (τ, r, C_{ab}, C_{vb}=const)

Ko'pgina jarayonlarda qayta ishlanadigan moddalarning yoki apparatlarning issiqqa chidamliligi u qadar katta bo'lmaydi, ma'lum darajada bo'ladi. Shunday qilib haroratni to'g'rilash jarayonning tezlik konstantasini K ko'paytirish va harakatlantiruvchi kuchini oshirish uchun zarar. Jarayonning maqbul harorati reagentlar tabiatiga va konsentratsiyasiga dastlabki moddalarning reaksiya mahsulotiga aylanish darajasiga bosimga, reaksiyaga kirishayotgan fazalarning o'zaro tasirda bo'luvchi sirtiga ularning aralashtirish jadalligiga va nihoyat ko'pchilik jarayonlar uchun qo'llaniladigan katalizatorning aktivligiga bog'liq bo'ladi.

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

Aralashtirishni birinchi navbatda sekin molekular diffuziyani tez beruvchi girdobsimon diffuziyaga aylantirish maqsadida diffuzion sohada boruvchi geterogen jarayonlarni tezlashtirish uchun qo'llash maqsadga muvofiqdir. Ammo shuni unutmaslik kerakki, to'xtovsiz

ta'sir etuvchi oqimli apparatlarda, aralashtirishni kuchaytirish reaksiyaga kirishayotgan moddalarning o'rtacha konsentratsiyasini, ya'ni jarayonning harakatlantiruvchi kuchini kamaytiradi.

Geterogen sistemalarda, fazalarning o'zaro ta'sir yuzasini ko'paytirish ham, texnologik jarayonlar tezligini oshirishning keng tarqalgan usulidir. Reterogen 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 kontruksiyasini 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 fazaning sirtini xomashyoni maydalab yoki qattiq jism bo'laklarning g'ovakligini oshirish yo'li bilan ko'paytirish mumkin. G'ovaklikni oshirganda ichki yuza kengaytiriladi, qaysiki, u tashqi yuzadan yuzlab marta katta bo'lishi mumkin.

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

Fazalar kontakti yuzasini kengaytirish reaktor tipi va konstruksiyasi bilan aniqlanadi.

5- §. Kimyoviy reaktorlar va ishlab chiqarishning kimyoviy texnologik sistemalari

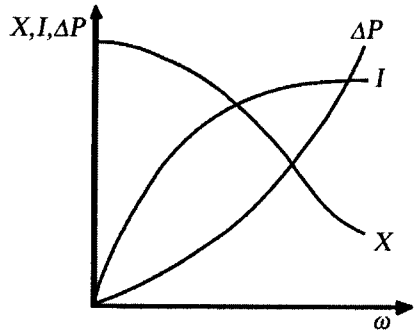
Har qanday kimyoviy texnologik sistemalarning (KTS) asosiy elementlaridan biri kimyoviy reaktor hisoblanadi. *Kimyoviy reaktor* deb, kimyoviy reaksiyalarni, massa va issiqlik ko'chirish (uzatish) bilan qo'shib olib boruvchi jarayonlar amalga oshiriladigan apparatga aytiladi.

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

samaradorligi reaktorni to'g'ri tanlay bilish va uning takomillashganlilik darajasiga bog'liq bo'ladi.

Sanoat reaktoriga bo'lgan asosiy talablar, kimyoviy ishlab chiqarishning xarakteriga bog'liq bo'lib, quyidagilardan iborat: 1. Yuqori mahsuldorlik va jadallikni ta'minlashi. 2. Ekzotermik reaksiya issiqligidan va endotermik jarayonlarni 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'minlashi lozim. 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'minlash. 6. Rejimning asosiy parametrlari (C, T, R) katta qiymatlarda o'zgarganda ham reaktor barqaror ishlab turadigan bo'lishi kerak.

Bu ko'rsatilgan talablar ko'pincha bir-biriga teskari, ya'ni qarama-qarshi xarakterga ega. 23- rasmda gazning tezligini oshirish reaktor ishining intenvisligini kamaytirishi (X — egri chizig'iga qarang) yaqqol ko'rinib turibdi. Shu bilan bir qatorda dastlabki moddalarning tayyor mahsulotga aylanish darajasi ham kamayadi va apparatda bosimning o'zgarishi (gidravlik qarshilik) ortadi, ya'ni gazni tashish uchun (reaktordan jadal o'tkazish uchun) sarflanadigan energiya miqdori ham ortadi.



23- rasm. Apparatda gaz tezligi ω ortganda mahsulotga aylanish darajasining ish intensivligining I va gidravlik qarshilikning ΔP o'zgarishi.

Demak, umumiy mahsuldorlikni istagancha emas, faqat 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 tannarxini oshirib yuboradi. Shuning uchun ham yuqorida aytilgan talablarni hisobga olgan holda, chuqur kompleks iqtisodiy hisob-kitoblar qilingandan keyingina reaktor tipi tanlanadi.

Kimyoviy reaktorlarning klassifikatsiyasi. Kimyoviy reaktorlarning klassifikatsiyasi asosan kimyoviy texnologik jarayonlarning yuqorida ko'rsatilgan klassifikatsiyasiga asoslanadi.

Ko'pincha kimyoviy reaktorlarni harorat rejimiga va 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 apparatlarga bo'linadi. Reaktorlar yana reagentlarning fazoviy holatiga qarab gomogen va geterogen jarayonlarni amalga oshiradigan apparatlarga, ishning davomiyligiga qarab davriy ishlovchi va uzluksiz ishlovchi apparatlarga bo'linadi.

Harorat rejimiga qarab kimyoviy reaktorlar va unda boruvchi jarayonlar adiabatik, izometrik va politermikka bo'linadi.

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

Reaktor balandligining xohlagan nuqtasiga harorat rejimi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

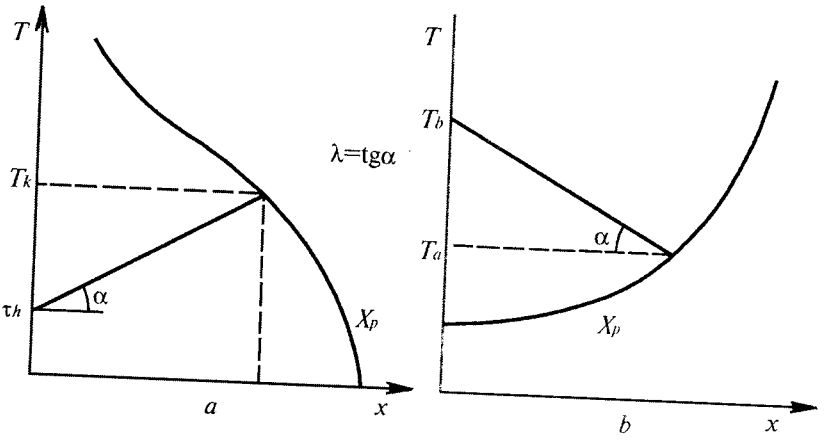
$$t_a = t_b \pm \frac{Q'p}{G \cdot C} \cdot x \qquad (1.38)$$

Bunda, t_a , t_b — sistemaning oxiri va boshlang'ich harorati; $Q'p$ — geterogen jarayonlarda, asosiy komponantlar bir fazadan boshqa fazaga to'liq o'tganda reaksiya (jarayon)ning issiqlik effekti;

G — reaksion aralashmaning massasi; $Ct_b - t_a$ harorat oralig'ida aralashmaning o'rtacha issiqlik sig'imi; x — aylanish (dastlabki moddaning tayyor mahsulotga aylanish) darajasi.

Bu formula to'g'ri chiziq (24- rasmga qarang) tenglamasi bo'lib, uni λ ga almashtirish mumkin chunki $Qp/G \cdot C = \lambda$, u holda yuqoridagi tenglamani bunday yozish mumkin:

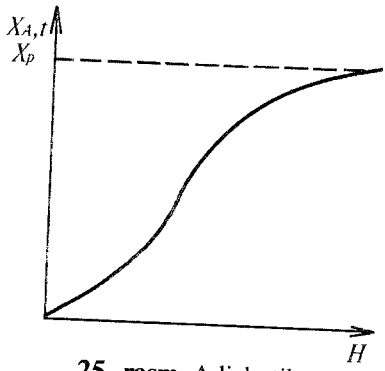
$$t_a = t_b \pm \lambda \cdot x \qquad (1.39).$$



24- rasm. Ideal siqib chiqarish adiabatik reaktorlarida(mahsulotga) aylanish darajasining ortishi bilan haroratning o'zgarishi: a — ekzotermik, b — endotermik jarayon.

Tenglamadagi « + » belgisi ekzotermik, « — » belgisi endotermik jarayonning borishiga talluqlidir. x — mahsulot unumi 1 ning qiymatini (kattaligini) to'g'ri chiziqdan og'ish burchagi tangensi sifatida aniqlash mumkin (24- rasm).

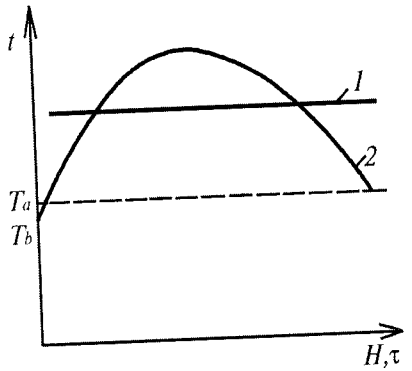
Vaqt bo'limi (τ) reagentning kelishi (reaksiya tezligi) adiabatik reaktorlarda apparatning balandligiga H(τ = HW), aylanish darajasi va haroratiga proporsional bo'lib, murakkab, egri chiziqlarda o'zgaradi.



25- rasm. Adiabatik reaktorlarning H bo'yicha mahsulotga aylanish darajasining X va haroratning t o'zgarishi.

ω — reagenlarning to'g'ri chiziqli tezligi (25- rasm). Bunda haroratning past bo'lganligidan reaksiya tezligi ham kichik bo'ladi, 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 reaksion hajmning barcha nuktalarida bir xil o'zgarmas haroratga ega bo'ladi, ya'ni 26-rasmdagi I egri chiziqka asosan bunday reaktorlarning butun reaksion hajmi — fazasi vaqt birligida $t_a=t_{o'rt}$ bo'ladi. ($t_{o'rt}$ — o'rtacha harorat). Ishlab chiqarish uchun izotermik rejimga nisbatan samaradorli bo'lib, u jarayonni maqbul haroratga yaqinlashish imkoniyatini beradi va reaktorni avtomatizatsiyalash imkoniyatini yaratadi.



26- rasm. Izotermik va politermik reaktorlarning harorat tavsifi. 1 — izotermik rejim; 2 — ekzotermik jarayonlarda politermik rejim.

Izotermik rejim apparatdagi reagentlarni qattiq aralashtirish va muallaq turuvchi qatlam (qaynovchi yoki ko'pik qatlam) hosil qilish yo'li bilan yaratiladi.

Dastlabki moddalarning reaksion bo'shliqqa tushishi darhol, ekzotermik reaktorlarda harorat ortadi, endotermik reaktorlarda esa pasayadi. Bunday hollarda endotermik samarani, issiqlik berish, ekzotermik jarayonlarni esa undan issiqlikni olish (chiqarish) yo'li bilan qoplash orqali izotermik rejimga yaqinlashtirish mumkin. Bunda reaktor balandligining butun hajmida issiqlik berish va olish jadalligi 25- rasmdagi egri chiziq bo'yicha o'zgaradi. Ekzotermik rejim, dastlabki moddalarning konsentratsiyasi kam bo'lganda, masalan, gazlarni chuqur tozalashda hamda kichik issiqlik effektiga ega bo'lgan reoksiyalarda amal qiladi.

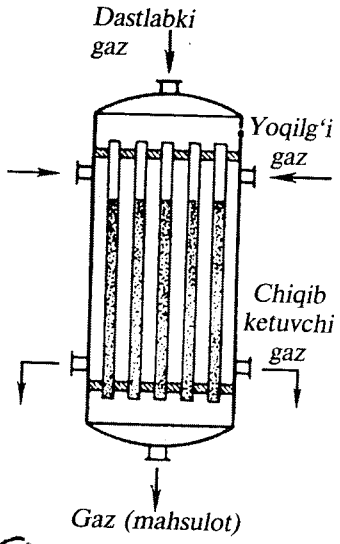
Politermik reaktor deb, reaksiya issiqligi jarayondan issiqlikning olinishi yoki berilishi bilan yoki asosiy jarayon issiqlik effektiga teskari ishorali bo'lgan qo'shimcha jarayonning issiqlik effekti bilan

qisman qoplanadigan reaktorlarga aytiladi. Politermik reaktorlarga, reaksion aralashmani aralashtirish darajasi kam bo'lgan va reaksion hajm ichida issiqlik almashtirgichlari kam bo'lgan apparatlar misol bo'ladi. Masalan, quvursimon kontakt apparatlar (27- rasm). Bunday apparatlarda ekzotermik jarayonlarni amalga oshirilganda harorat apparatning balandligi H bo'yicha 2-xarakterli egri chiziq hosil qilib o'zgaradi.

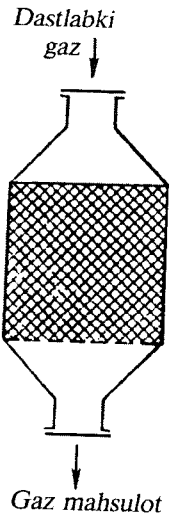
Reaksiyaga kirishayotgan massaning gidrodinamik rejimi bo'yicha (reagentlarning aralashtirish darajasi bo'yicha) uzluksiz ishlovchi (oqimli) reaktorlar ikki tipga bo'linadi: ideal siqib chiqarish va to'liq (ideal) aralashtirish reaktorlari.

*Ideal siqib chiqarish reaktorlari*ning xarakterli tomoni shundaki, reagentlar ohistalik bilan aralashtirilib, ya'ni tinch oqim bilan apparatning butun uzun bo'yidan o'tadi.

Shaxta tipidagi ideal siqib chiqarish reaktorining ishlash prinsipi 28-rasmda berilgan. Bu apparat ichi bo'sh, uzun quvursimon bo'lib, ichida chambara o'rnatilgan va ularning ustida qattiq donador modda to'lg'azilgan bo'ladi. Odatda qattiq moddaning balandiga apparat diametridan katta bo'ladi. Qattiq modda qavatidan gaz o'tib u bilan reaksiyaga kirishadi. Bunday reaktorlarda dastlabki

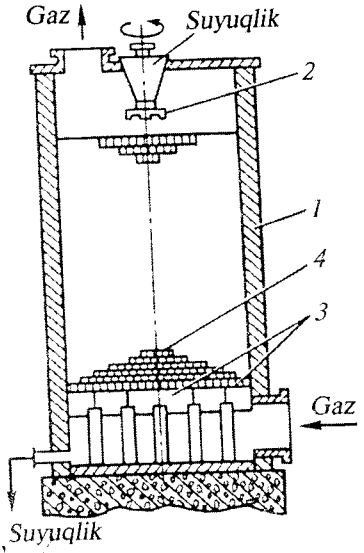


27-rasm. Endotermik jarayonlar uchun quvurchalarida katalizatori bo'lgan politermik rejimni ideal siqib chiqarish reaktori.



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

moddalarning konsentratsiyasi apparat balandligiga tomon logarifmik egri chiziq bo'yicha kamayib boradi.



29- rasm. Nasadkali minora.
1 — korpus; 2 — suyuqlik sachratgich;
3 — boshoqsimon panjara;
4 — nasadka(halqachalar).

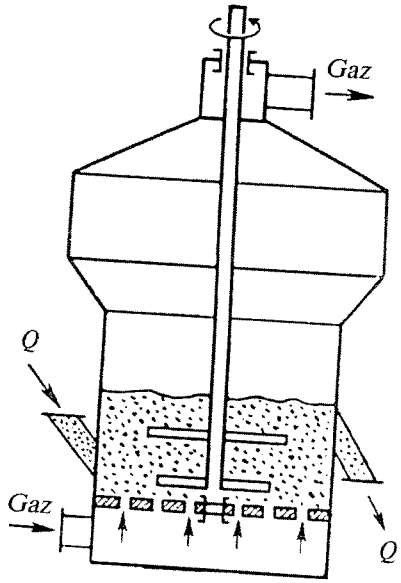
Ko'pchilik katalitik reaksiyalar: gazogeneratorlar, ohak va boshqa moddalarni kuydirish pechlari, domnalar va boshqalar shunday prinsipda ishlaydi. Ekzotermik jarayonlarda reaktorning harorat rejimi adiabatik bo'ladi. Nasadkali minoralarning ishlash prinsipi ham suyuqliklarga gazlarni suyuqliklardan desorbsiyalanishda yuqoridagiga yaqin bo'ladi (29- rasm).

Ideal siqib chiqarish quvursimon apparati politermik rejimda ishlaydi. Bunday apparatlar endotermik katalitik jarayonlar uchun masalan, metanni suv bug'i bilan konversiyalab, sintez gaz ($CO+H_2$) ishlab chiqarishda ishlatiladi. Bunda konversiya quvurchalar ichidagi katalizator yuzasida boradi, quvurlar orasidagi bo'shliqda esa reaksiyaning endotermik effektini qoplash uchun tabiiy gaz yoqiladi.

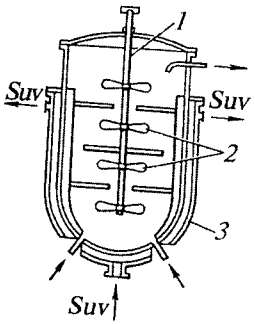
*To'liq aralashtirish reaktori*da apparatga tushgan gaz yoki suyuqlikning har qanday elementar hajmi darhol reaktor hajmining hamma joyidagi moddalar bilan aralashadi. Oqimning girdobliligi (turbulentligi) tufayli (*turbulentlik* deb, shunday harakatga aytiladiki, unda gaz yoki suyuqlikning barcha massasi bir tomonga girdobsimon harakat qilgan holda aralashadi) apparat balandligi va ko'ndalang kesimiga tomon to'g'ri chiziqli harakat tezligiga nisbatan, bir necha marta kattadir. Bunday apparatlarda 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 (30- rasm) gaz va mayda zarrachali katalizator, varrakli aralashtirgichning ta'siri bilan birgalikda, qaynovchi qavatning girdobli harakati tufayli jadal aralashadi.

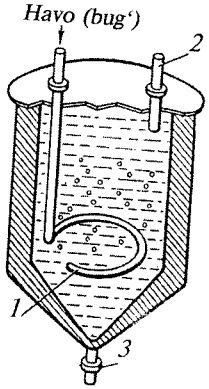
Suyuq fazada aralashtiruvchi qurilmasi bo'lgan reaktorlarda, to'liq aralashtirish rejimiga yetarli darajada yaqinlashishga erishiladi (31,32- rasmlar). Qattiq moddalarni suyuqliklarda suspenziyasini hosil qiluvchi reaktorlarda (33-rasm) ham yuqoridagidek natijaga erishish mumkin. Bunday reaktorlar ishlab chiqarishning ko'pgina tarmoqlarida keng qo'llaniladi.



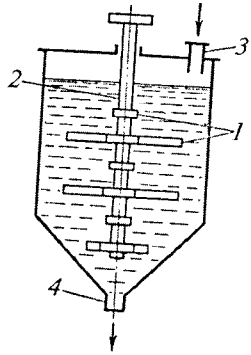
30- rasm. Izotermik rejimli to'liq aralashtiruvchi reaktor-aralashtirgichli qaynovchi qavatli katalitik apparat.



31- rasm. Parrakli aralashtirgichi bo'lgan reaktor.
1 — o'q(val);
2 — aralashtirgich;
3 — suv ko'ylagi (g'ilofi).

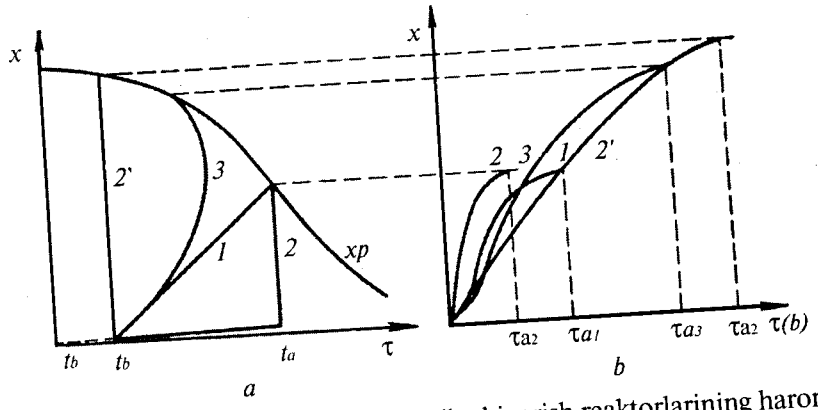


32- rasm. Pnevmatik aralashtiruvchi reaktor.
1 — barbatyor;
2 — havo chiqadigan va suyuqlik solinadigan teshigi; 3 — mahsulotning chiqishi.



33- rasm. Varrakli aralashtirgichi bo'lgan reaktor.
1 — varragi; 2 — o'q(val);
3 — dastlabki modda solinadigan joyi;
4 — mahsulot chiqariladigan joyi.

Masalan, kimyoviy, neftikimyoviy, oziq-ovqat sanoatlarida hamda rangli metallar, qurilish materiallari va boshqalarni ishlab chiqarishda. 34,a- rasmda aralashtirish va siqib chiqarish reaktorlarining harorat rejimlari taqqoslangan, 34,b- rasmda esa turli tipdagi reaktorlarda dastlabki moddalarning tayyor mahsulotga aylanish darajasining vaqtga bog'liqligi ko'rsatilgan.



34- rasm. Adiabatik va politermik siqib chiqarish reaktorlarining harorat tartiblarini iztermik to'liq aralashtirish reaktorlari harorat tartiblari bilan taqqoslash(a). Turli reaktor tiplarida dastlabki moddaning mahsulotga aylanish darajasining vaqtga bog'liqligi(b).

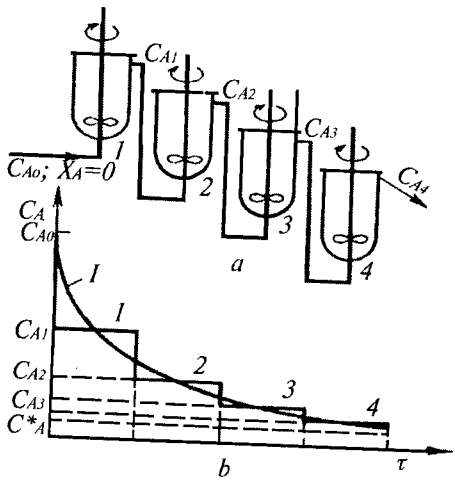
1 — siqib chiqarish adiabatik reaktori; 2 — izotermik aralashtirish reaktorlari; 3 — politermik siqib chiqarish reaktori; Reaksiya vaqtining oxiri b- rasmda τa_1, τa_2, τa_3 lar bilan belgilangan.

Izotermik aralashtirish reaktorlarida (2- chiziq) adiabatik ideal siqib chiqarish reaktorlariga qaraganda (1- chiziq) boshlangich harorat t_b har ikkalasida ham bir xil bo'ladi, jarayonning o'rtacha ta harorati ancha yuqori bo'ladi. 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 rejimiga yaqin bo'lgan sanoat reaktorlarida to'plangan sovitish manbalari bo'lmasligi sababli (odatda siqib chiqarish reaktorlarida ayniqsa, devorida sovitish manba'lari to'plangan bo'ladi) tezlik konstantasi qo'shimcha ravishda ortadi.

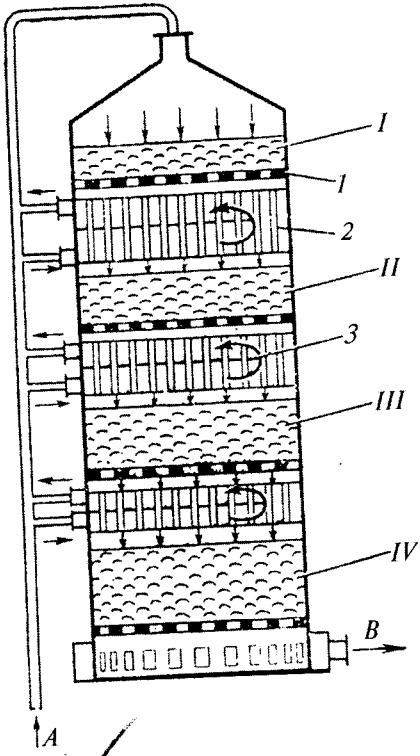
Bundan tashqari aralashtirganda diffuzion qarshilikni yo'qotganligi sababli ham tezlik konstantasi anchagina ortadi. Natijada

aralashtirish reaktorida talab qilingan tayyor mahsulotga aylanish darajasiga erishish uchun, kerak bo'ladigan reaksiya vaqti f, siqib chiqarish rejimida ishlovchi reaktorga nisbatan kam bo'lishi mumkin (34,*b*- rasm).

Ammo aralashtirish reaktorlarida reaksiyaga kirishayotgan moddalarning konsentratsiyasi oxirgi holatga Cg, a teng, ya'ni minimal bo'ladi (Cg — dastlabki konsentratsiya). Demak, tayyor mahsulotga aylanish darajasi yuqori bo'lgan bitta reaktorda reaksiyaning harakatlantiruvchi kuchi ΔCa 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 (35,*a*- rasm), yoki bir korpusga bir necha pag'onalar (tokchalar) o'rnatiladi (36- rasm). Bunda har bir reaktorda dastlabki moddalarning konsentratsiyasini o'zgarishi va tayyor mahsulotga aylanish darajasi unchalik katta bo'lmaydi(35- *b* rasm), ammo tayyor mahsulotga aylanish darajasi jami (ketma-ket ulangan reaktorlarning hammasini birgalikda, qo'shib hisoblaganda) 1—4 siniq chiziqlarda ko'rsatilganidek, siqib chiqarish rejimidagidan (1- egri chiziq) kam bo'lmaydi. Chunki ketma-ket ulangan reaktorlarda reaksion aralashmalarning tarkibi bir reaktorda ikkinchisiga o'tgan sayin o'zgarib boradi (35- *a* rasm).



35-a, b- rasm. Ketma-ket ulangan to'liq aralashtirish reaktorlari.
a — ketma-ket ulanish sxemasi; b — dastlabki asosiy modda konsentratsiyasining o'zgarishi; A — ketma-ketlik pog'onasi (1—4 pog'ona).



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

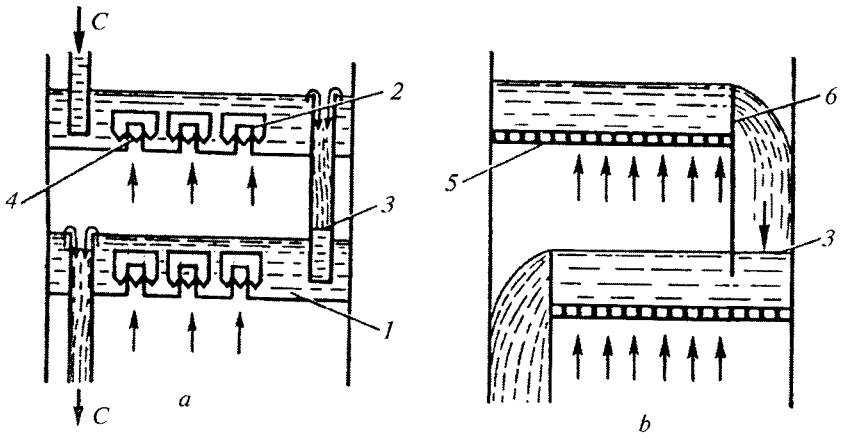
Agar bitta aralashtirish reaktorining o'zida tayyor mahsulotga aylanish darajasini maksimumga ko'tarish zaruriyati tug'ilsa, u paytda jarayon t_b da (34- rasm 2^1- chizig'i) yoki 2 va 2^1 chiziqlari oralig'ida qandaydir izotermada o'tkaziladi, ammo bunda vaqt t^1 a_2 ortadi va reaktor hajmi V katta bo'ladi.

Politermik rejimda ishlovchi siqib chiqarish reaktorlarning (27- rasmga qarang) issiq almashtirgichlari apparat ichida bo'lib (qurilishi ancha murakkab) u tayyor mahsulotga aylanish darajasini oshirish imkoniyatini yaratadi (3- chiziq), ammo baribir izotermadagidan past (34 rasm 2^1- chizig'i) bo'ladi.

Aralashtirish reaktorlarida reaksiyaga kirishuvchi massani aralashtirish uchun qo'shimcha energiyada sarflanadi, shuning uchun ham ular ΔC ning kamayishidan ko'ra K ning ortishi katta bo'lgandagina iqtisodiy nuqtai nazardan maqsadga muvofiq bo'ladi, ya'ni jarayonning umumiy tezligini olganda, siqib chiqarish reaktorlariga nisbatan ancha yuqoridir.

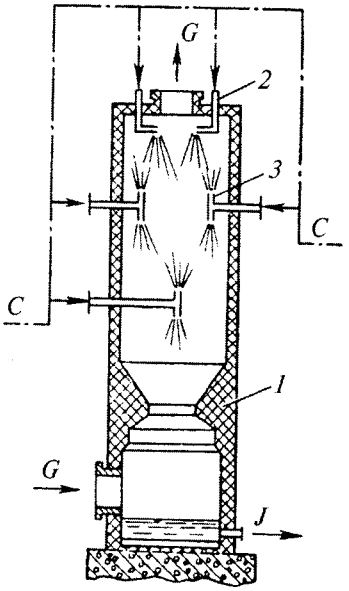
Ko'pchilik ishlab chiqarish reaktorlari, reaksiya mahsulotini reagentlar bilan qisman yoki lokal (ma'lum bir joyini) aralashtirish rejimida ishlaydi, real, ya'ni amalda ishlatiladigan reaktorlar to'liq aralashtirish va ideal siqib chiqarish reaktorlarining o'rtasidagi oraliq bir holatni egallaydi. Bunga misol qilib, barbotajli (qattiq aralashtiruvchi) apparatlar (37- rasm), suyuqlikni sachratuvchi apparatlar(38- rasm) turli xildagi pechlar,(39—40- rasmlar) katalitik reaktorlarni (36- rasm) ko'rsatish mumkin. Ushbu reaktorlarning

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

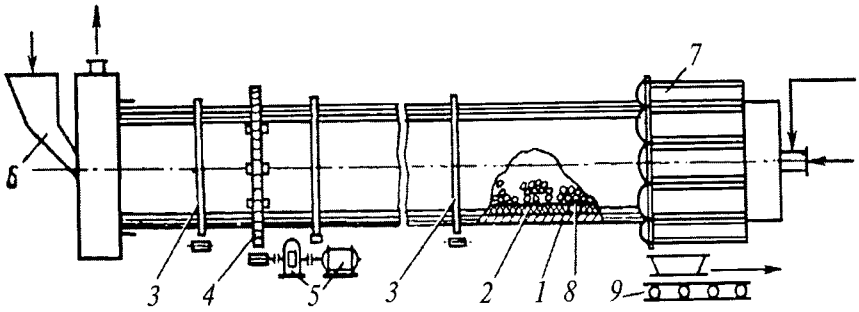


37- rasm. Barbatajli apparat tokchalarining(tarelka) sxemasi.
a — gazni qalpoqchalar orqali taqsimlovchi apparat; b — panjarali(to'rsimon tarelkali) apparat; 1 — qalpoqchali tarelka; 2 — qalpoqcha; 3 — suyuqlik oshib tushuvchi quvurcha; 4 — gaz o'tuvchi quvurcha; 5 — to'rsimon tarelka; 6 — quyuvchi ostonasi.

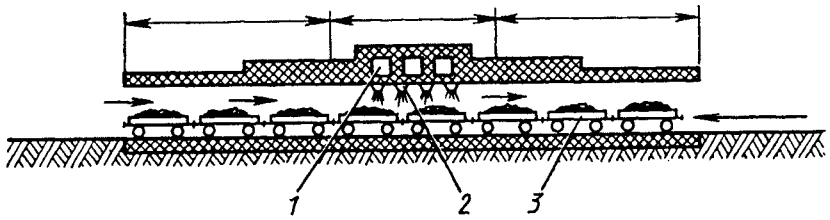
Turli kimyoviy-texnologik jarayonlarga ta'sir etuvchi har xil omillarni tavsiflab tushuntirib beruvchi matematik tenglamalarni chiqarish va ulardan hisoblashlarda hamda jarayonlarni va reaktorlarni optimallashtirishda (eng maqbul yoki eng yaxshi natija beradigan holatga keltirish) foydalanishga *matematik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



38- rasm. Suyuqlikni sachratuvchi minora.
1 — minora korpusi; 2 — suyuqlikni bir tomonga sachratuvchi; 3 — suyuqlikni ikki tomonga sachratuvchi sachratgich.



39- 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 — sovutkich-rekuperatorlar; 8 — pech ichidagi klinker; 9 — klinkerni chiqarib turuvchi konveyer.



40- rasm. Tunnel pechi (ko'ndalang kesimi).
1 — havo kiradigan kanallar; 2 — gorelkalar; 3 — kuydiriladigan material ortilgan vagonchalar.

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 fizik va kimyoviy jarayonlar amalga oshiriladigan, o'zaro ta'sirotda, ya'ni bir-biriga bog'liq bo'lgan apparatlarning birgalikda hammasiga KTS deb ataladi.

Bu bo'limgacha kimyoviy texnologik aylanishlar amalga oshadigan alohida apparatlar va jarayonlarni ko'rib o'tdik va ularni jadallashtirish 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 bir qancha texnologik apparatlarning umumiyligi, ya'ni birgaligidan iborat bo'ladi. Bu murakkab kompleks bo'lib, ko'pchilik hollarda apparatlar 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 rejimda) 700°C haroratda olib boriladi.

2. Kuyindi gazlarni tozalash 30°C haroratda nasadkali minoralarda (ideal siqib chiqarishga yaqin rejimda) va elektrofiltrlarda amalga oshiriladi.

3. Oltingugurt (IV) oksidini, (VI) oksidgacha oksidlash 440—600°C haroratda kontakt apparatlarida (masalan, tokchali kontakt apparati, qaysiki, uni yacheykali model deb qarash mumkin) olib boriladi.

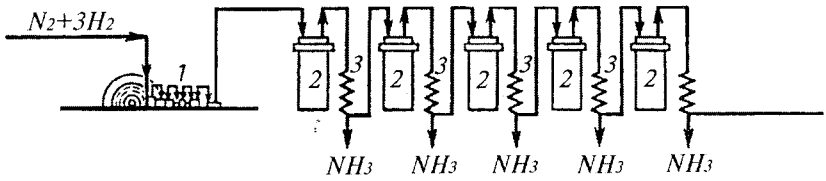
4. SO_3 ni suvda absorbsiyalash 50°C haroratda nasadkali minoralarda amalga oshiriladi.

Demak, butun bir ishlab chiqarish korxonasining unumli faoliyat ko'rsatishi faqat bitta yoki ikkita apparatning to'liq 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 apparatlarni tartib bilan birin-ketin xarakterlab berishga *texnologik sxema* deyiladi. Ishlab chiqarishning kimyoviy texnologik sistemasi va sxemasini ikki: ochiq zanjirli va siklik (aylanma) tipga bo'lish qabul qilingan.

Ochiq zanjirli sxemadagi apparatlardan reaksiyaga kirishayotgan barcha komponentlar yoki o'zaro ta'sirotda bo'lgan fazolardan biri faqat bir marta o'tadi. Agar bitta apparatning tayyor mahsulotga aylantirish darajasi kichik bo'lsa, u vaqtda bir necha bir xil tuzilishga

ega bo'lgan apparatlar ketma-ket ishga tushiriladi, masalan, reaktorlar batareyasini ko'rsatish mumkin (41- rasmda KTS ochiq zanjirli sxemasi gaz fazali jarayonda ko'rsatilgan).



41 rasm. Ochiq zanjirli(batareyali) apparatlarda to'g'ri oqimli sistemada ammiak sintezi. 1 — yuqori bosimli kompressor; 2 — katalizatorli ammiak sintez ustuni(kolonnasi); 3 — ammiak kondensatori, sovutgichi.

Ochiq zanjirli sxema munozanat shartlariga muvofiq reaksion aralashmadan 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 reaksion aralashma reaksion zona orqali har gal o'tganda tayyor mahsulot aralashmadan ajratib olinadi. Jarayonning tezligi shuning uchun ham katta bo'ladi.

Siklik sistema reaksion aralashmani yoki geterogen jarayonda fazalardan birini toki tayyor mahsulotga aylanishning mo'ljallangan darajasiga erishmaguncha bir apparatning o'ziga ko'p martalab qayta-qayta kiritilishini ta'minlovchi sistemadir. Siklik sxemaga misol qilib ammiak sintezini, spirtlar 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, reaksion aralashma yana reaktorga qaytarib kiritiladi (chiqarib yuborilmaydi), bu jarayon dastlabki moddaning amalda hammasi tayyor mahsulotga aylanguncha davom etadi. Sirkulyatsiyalanuvchi (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 fazalardan biri navbat bilan apparatlardan bir marta o'tadi, boshqalari esa sistemaning ba'zi apparatlari orqali sirkulyatsiyalanadi, ya'ni qayta-qayta o'tkaziladi. Sanoat ishlab chiqarishi taraqqiyotining asosiy yo'nalishlaridan biri, siklik KTS ni ishlab chiqishdir, qaysiki, bu sistema ochiq zanjirli sistemaga nisbatan ancha ixcham, kam mablag' talab qiladi va chiqindisiz ishlab chiqarishga yaqinlashishga imkon beradi. Ammo asosiy dastlabki moddalarning konsentratsiyasi kam bo'lganda iqtisodiy nuqtai nazardan ochiq zanjirli sistema afzal hisoblanadi.

6- §. Gomogen va geterogen jarayonlar. Apparatlar

Gomogen kimyoviy jarayonlarning tavsifi. Gomogen jarayonlar (bir jinsli, ya'ni bir-birida aralashib erib ketadigan suyuqliklar, masalan, suv bilan spirt aralashmasi yoki gazlar aralashmasida boradigan jarayonlar) sanoatda nisbatan kam uchraydi. Toza gomogen sistema hosil qilish qiyin. Har qanday modda tarkibida juda kam miqdorda bo'lsa-da, boshqa fazada turuvchi turli aralashmalar saqlaydi. Masalan, 1 ml. distillangan suvda 20 000 dan to 30 000 gacha chang zarrachalari bo'ladi.

Ko'pgina sanoat ishlab chiqarish jarayonlarida (oksidlash, yonish va boshqalar) havo gomogen muhit hisoblanadi, ammiakni platina katalizatori ustida oksidlash jarayonida esa havo tarkibida chang zarrachalari, suv tomchilari va boshqalar saqlaganligi uchun geterogen muhit hisoblanadi. Sanoatda foydalaniladigan xomashyo har doim tarkibida begona aralashmalar saqlaydi. Mana shu tabiiy begona aralashmalar ko'pchilik hollarda jarayonning borishiga xuddi katalizator va ingibitor kabi ta'sir etadi. Shuning uchun ham suyuq va gaz fazada boruvchi jarayonlarni faqatgina shartli ravishda gomogen deb hisoblash mumkin.

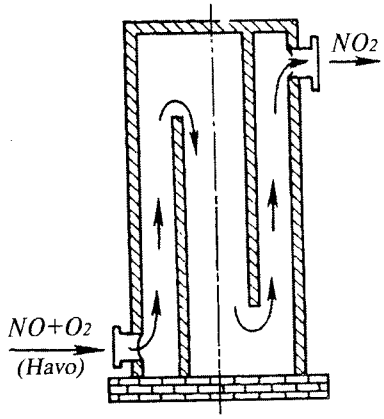
Gomogen sistemalarda reaksiya odatda geterogen sistemalardagiga qaraganda tez boradi. Hatto, bir-biri bilan aralashmaydigan ikki suyuqlikni har qancha to'liq va kuchli aralashtirmaylik, o'zaro ta'sir etuvchi moddalar molekulalarning to'qnashuvlar soni gomogen sistemalardagiga nisbatan taqqoslab bo'lmas darajada kam bo'ladi. Gomogen jarayonlarni amalga oshirish va boshqarish ancha yengil.

Shu sababli ko'pgina sanoat ishlab chiqarish jarayonlari gaz yoki suyuq fazalarda, gomogen kimyoviy jarayonlarda olib boriladi.

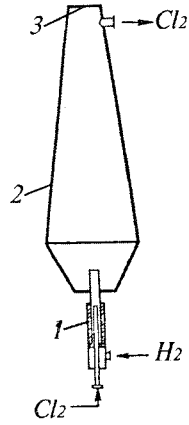
Gaz yoki suyuq muhitda gomogen jarayonlar. Gaz fazada gomogen sanoat ishlab chiqarish jarayonlari, reagentlar oqimini yetarli darajada girdob holatiga o'tkazilganda oddiy konstruksiyali reaktorlarda kinetik sohada boradi. Nitrat kislota ishlab chiqarishda NO ni NO_2ga oksidlash gaz fazada amalga oshiriladi:

$$2\,NO \rightleftarrows N_2O_2 \text{ va } N_2O_2 + O_2 \rightarrow 2NO_2$$

Oksidlash uchun ichida to'siqlari bo'lgan minora ishlatiladi (42-rasm). Xlorid va xlorsulfon kislotalari sanoatida vodorod xloridning sintezi ham gomogen jarayonga kiradi. Jarayon maxsus pechda 1400°C gacha haroratda boradi (43- rasm). Reagentlarni aralashtirish va oqim girdobini hosil qilish ejektorli (bug' kuchi bilan ishlaydigan mexanizm) gorelkada (1) amalga oshiriladi, qaysiki, unda vodorod xlorning tizillab otilib turgan oqimi bilan so'rib olinadi. HCl sintezi reaksiyasi zanjirli reaksiya bo'lgani sababli, apparatni ehtimol tutilgan portlashdan himoya qilish uchun tepa qismi asbestdan yasaladi (portlash sodir bo'lsa asbest osongina buziladi).



42- rasm. Ichi to'siqli oksidlash minorasi.



43- rasm. Vodorod xloridni sintezlash pechi.
1 — gorelka; 2 — pech korpusi; 3 — asbestli qopqoq.

Ba'zi erituvchilarni, insektisidlarni, yuvish vositalarini ishlab chiqarish, jarayonlari gazsimon uglevodorodlarni yuqori haroratli parchalashda (pirolizda) endotermik jarayonlar, atsetilendan benzolni sintezlash va boshqalar gaz fazoda amalga oshiriladi.

Suyuqliklarda gomogen jarayonlar gaz fazaga nisbatan sanoatda keng qo'llaniladi. Suyuq fazada reaksiya tezligi gaz fazaga nisbatan odatda ming marta katta, ammo diffuziya tezligi esa yuzlab, minglab marta kichik bo'ladi. Gazlarda diffuziya koeffitsienti 0,1—1 sm 2 /s bo'lsa, suyuqliklarda esa bu ko'rsatkich 1,0 sm^2/s sutkaga yaqin bo'ladi. Unchalik katta bo'lmagan haroratda boruvchi jarayonlarni tezlashtirish maqsadida, ularni suyuq fazada, diffuzion tormozlashni yo'qotish uchun qattiq aralashtirish orqali amalga oshiradilar. Buning uchun gaz suyuq sistemalarda reaksiyaga kirishuvchi gazlar, suyuqlikka absorbsiyalanadi, natijada gomogen reaksiya suyuq fazada boradi. Masalan, atsetaldegidni sirka kislotagacha oksidlash xuddi shunday yo'l bilan amalga oshiriladi.

Suyuq fazada boruvchi ko'p sonli jarayonlardan gomogen jarayonlarga quyidagilarni ko'rsatish mumkin. Kislotalarning suvdagi eritmalarini, ishqorlarning suvli eritmalari bilan neytrallanish reaksiyalari, tuzlarni olinishi, masalan, ammiakli suvning sulfat kislota bilan o'zaro ta'siridan ammoniy sulfat tuzining olinishi, ba'zi bir eritmalarda boruvchi (masalan, $KCl+NaNO_3 = NaCl+KNO_3$), almashinuv reaksiyalari, murakkab efirlarning hosil bo'lish reaksiyalari, etilsulfat kislotasining izopropilsulfat, xlorpentanlar, va boshqalarning gidrolizlanish reaksiyalari va boshqalar.

Benzol sulfokislotani ishqorda suyuqlantirish (bu reaksiya fenol hosil bo'lishi bilan boradi), etilen oksidini gidratlab etilenglikol ishlab chiqarish

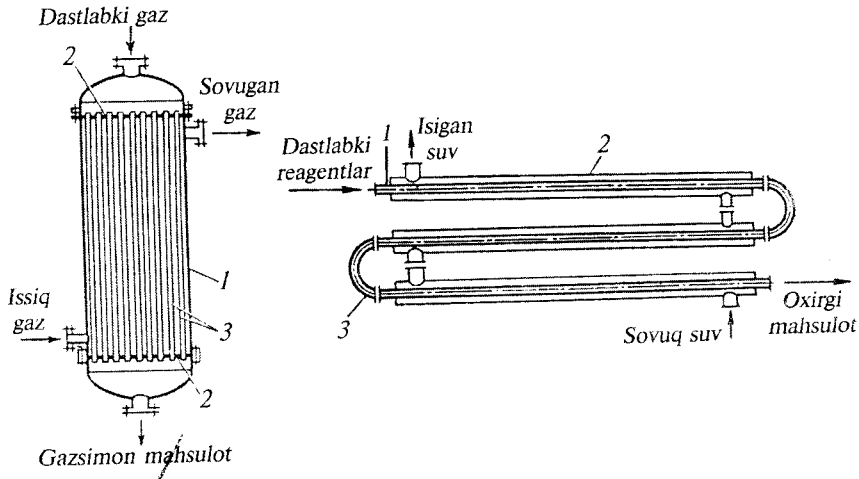
$$(H_2C-CH_2)\xrightarrow{+H_2O} CH_2OH-CH_2OH$$

spirtlardan oddiy va aralash efirlarni olish (masalan, $C_2H_5OSO_2OH+CH_3OH \rightarrow C_2H_5OCH_3+ +H_2SO_4$) kabilar ham suyuq fazada amalga oshiriladi. Gomogen muhitda yana adipin kislotasini olish ($3C_6H_{11}OH +8HNO_3 \rightleftarrows 3C_6H_{10}O_4+7H_2O+8NO$) atsetonsiangidrin va metil spirtidan, sulfat

kislota ishtirokida metakril kislotasining metil efirini sintezlash kabi muhim jarayonlar ham gomogen muhitda boradi. So'ngra hosil bo'lgan efirni polimerlab organik shisha olinadi. Sellulozaning, etilsellyuloza, triasetatselyuloza kabi efirlari ham ba'zi zavodlarda gomogen usulida olinadi. Eritmada suyuq fazali polimerlash, laklar va ba'zi smolalar ishlab chiqarishida, virilstearat $[CN_2(CH_2)_{16}COOC_2H_3]$, kaliy persulfat $K_2S_2O_8$ olishda va boshqalarda keng qo'llaniladi.

Suyuqliklarni (suspenziyalarni ham) to'liq aralashtirish uchun turli tipdagi aralashtirgichlar: parrakli (31- rasm), varrakli (33-rasm), langarli va boshqalardan foydalaniladi. Agressiv suyuqliklar korroziyaga chidamli aralashtirgichlar yordamida yoki pnevmatik (siqilgan havo yordamida ishlaydigan) usulda aralashtiriladi (32-rasm). Bunda aralashtiruvchi agent sifatida ko'pincha havo ishlatiladi. Agar havo reagentni oksidlasa, qo'shimcha reaksiyalarni borishiga olib keladigan bo'lsa, u holda ayni sistema uchun inert gazlar, masalan, azot yoki uglerod (IV) oksidi kabilardan foydalaniladi.

Aralashtiruvchi reaktorlarning davriy yoki uzluksiz ishlashini ta'minlash uchun ular batareya qilib jamlanishi (35- rasm) mumkin. Agar reaksiyaga kirishuvchi massa bilan suv bug'ini aralashtirishning iloji bo'lmasa, u holda quvurg'ilofli tipdagi apparatlarda (44- rasm) devori orqali qizdirilgan suv yoki bug'dan foydalanib qizdiriladi. Kuchli ekzotermik jarayonlarda sovuq suv bilan sovitiladi.



44- rasm. Quvurg'ilofli issiqlik almashtirgich apparati.
1 — ikki tubli g'ilof; 2 — quvur panjara; 3 — quvurlar.

Gaz va suyuq fazalardagi gomogen jarayonlarni tezlatish uchun barcha usullar, ya'ni dastlabki moddalar konsentratsiyasini oshirish, haroratni ko'tarish, katalizatordan foydalanish kabilar qo'llaniladi. Gaz fazada sintezlash uchun bosimni oshirish suyuq jarayonlar uchun esa aralashtirish samaralidir. Suyuq jarayonlar uchun haroratni oshirish, aralashtirish-reaktorlarida erituvchining bug'lanib ketishi mumkinligini va eritmadan gaz komponentlarining desorbsiyalanishi mumkinligidan, chegaralangan, ya'ni qattiq qizdirib bo'lmaydi. Agar yuqori harorat zarur bo'lsa, u holda avtoklav deb ataluvchi devorlari qalin germetik apparatdan foydalaniladi. U apparat suyuq arashma komponentlarining bug'lanishi natijasida hosil bo'luvchi katta bosim ostida ishlaydi.

Geterogen jarayonlar. Geterogen kimyoviy-texnologik jarayonlar har xil fazalarda bo'lgan reaktorlar orasida boradigan reaksiyalarga asoslangan. Shuning uchun ham ular (reaksiyalar) fazalar chegarasidan moddani sirti orqali bo'lib o'tishi tufayli boradi. Bunda fazalararo massa ko'chib o'tishi, mustaqil jarayon bo'lishi yoki o'zaro ta'sirlashayotgan komponentlarning o'zgarish (ya'ni boshqa moddalarga aylanishi) bilan bo'lishi mumkin.

Birinchi holatda absorbsiya, absorbsiya, desorbsiya, kristallizatsiya, bug'lanishi, suyuqlanish va boshqa shu kabi sof fizik yoki fizik-kimyoviy o'zgarishlar boradi. Ikkinchi holatda esa massa almashuv bo'lganligi sababli murakkablashgan kimyoviy reaksiya kechadi. Kimyoviy jarayonlar o'z-o'zidan gomogen muhitda borishi, ya'ni fazalardan birining ichida yoki fazalarni bir-biridan ajratib turgan chegarada borishi mumkin. Fazalarni bir-biridan ajratib turgan chegarada komponentlardan birisi qattiq, boshqasi esa gaz, suyuq yoki alohida qattiq fazada bo'lgan moddalar orasida reaksiya boradi.

Kimyoviy texnologik jarayonlar reaksiya zonasiga reagentlarni kiritish va mahsulotni chiqarishning diffuzion aktlari hamda reaksion (kinetik) aktlardan tarkib topadi. Massa ko'chishining umumiy tezligi ko'pchilik hollarda diffuziya tezligi bilan aniqlanadi. Diffuziya ikki xil, erkin (molekular) diffuziya va girdobli diffuziyaga bo'linadi.

Molekular yoki *erkin diffuziya* deb, molekulalarning o'zaro to'qnashuvi oqibatida hosil bo'ladigan ichki ishqalanish kuchi ta'sirida saqlanib turuvchi modda molekulalarining tinch holatda bo'lganda

ko'chishiga aytiladi. *Girdobli diffuziya* deganda aralashtirilganda yoki qizdirish natijasida konveksiya tufayli (muhit oqimi tufayli issiqlikning ko'chishi) molekulalarning harakati tushuniladi.

Molekulalar diffuziya jarayoni yuqori konsentratsiyadan past konsentratsiya tomonga yo'nalgan holda boradi. Harakatlantiruvchi kuch konsentratsiyaning (C), Z yo'nalishdagi $\frac{dc}{dz}$ ga teng gradiyenti (biror kattalikning, misolimizda konsentratsiyaning masofa birligiga siljish mobaynida o'zgarishlari birligi) hisoblanadi. Diffuziya tezligi quyidagi tenglamalar bilan aniqlanadi:

$$u = \frac{dG}{d\tau} = De \cdot F \cdot \frac{dC}{d_z} \qquad (1.40)$$

Bunda: G — ma'lum τ vaqt ichida diffuziyalangan modda miqdori; De — diffuziyaning samarali koeffitsienti (molekular D va girdobli D_z diffuziya koeffitsientining yakuniy kattaligi, D ni maxsus qo'llanma va ma'lumotnomalardagi formuladan foydalanib, D_2 esa tajriba yo'li bilan aniqlanadi); F — yuza (sirt), qaysiki, u orqali konsentratsiya gradiyenti dc/dz ta'sirida diffuziya o'tadi.

Ko'pincha geterogen jarayonlar diffuzion sohada boradi. Ularning tezligi (1.40) tenglama bo'yicha hisoblanadi. Agar jarayon kinetik sohada borsa, u paytda uni tezligi (1.22), (1.23) tenglamalar asosida hisoblab chiqiladi. Masalan:

$$u=K \cdot F \cdot \Delta C$$

tenglamaga asosan hisoblanishi mumkin. Bunda, K — kimyoviy reaksiya tezligining umumiy konstantasi; ΔC — jarayonning gidrodinamikasiga (aralashtirish darajasiga) bog'liq bo'ladi.

Ba'zi hollarda jarayonlar o'tuvchi sohada boradi. Bunda (1.23) tenglamadagi jarayonning tezlik konstantasi to'g'ri va teskari reaksiyalarning konstantalari hamda dastlabki moddalar va reaksiya mahsulotlarining diffuziyalanishi koeffitsientiga bog'liq bo'ladi. Uni modelli labaratoriyalarda yoki zavod sharoitida aniqlaydilar. Ko'pchilik sanoat kimyoviy-texnologik jarayonlari geterogen jarayonlarga kiradi.

Gaz — suyuq (g — s) sistemasidagi jarayonlar. Gazsimon va suyuq reagentlarning o'zaro ta'siriga asoslangan jarayonlar kimyo sanoatida va u bilan bog'liq hamkor korxonalarda keng foydalaniladi.

Bunga: gazlarni absorbsiyalash va desorbsiyalash, suyuqliklarni bug'lanishi va kondensatsiyalanishi, suyuq aralashmalarni haydash, ya'ni distillyatsiya va rektifikatsiya, suyuqliklarni pirolizi, gazlarni suyuq polimer hosil bo'lishi bilan boradigan polimerlanishi va boshqalar kiradi.

Absorbsiya — bu suyuqliklarning gazlarni yutib eritma hosil qilish jarayonidir. Agar absorbsiya kimyoviy reaksiya bilan borsa, u *sorbsiya* deyiladi.

Desorbsiya bu, absorbsiyaga teskari jarayon bo'lib, bunda suyuqlikda erigan gazlar undan ajralib chiqadi. «Desorbsiya» tushunchasi qattiq moddalar sirtiga absorbsiyalangan gaz va suyuqliklarning undan ajralib chiqishini ham bildiradi.

Distillyatsiya — bu qaynash harorati har xil bo'lgan uchuvchan suyuqliklar aralashmasini oddiy bug'lantirish va so'ngra bug'larini kondensatlab ajratib olish jarayonidir.

Rektifikatsiya — suyuq aralashmalarni ajratishning ancha takomillashgan usulidir. Bu usul suyuqlikning ko'p marta bug'lanib, bug'larning kondensatsiyalanishiga asoslangan. Rektifikatsiya minorasida yuqoriga ko'tarilgan suyuqlik bug'lari unga qarama-qarshi oqimda minoraning tepasidan pastga tomon oquvchi suyuqlik (flegma) bilan ta'sirlangach kondensatsiyalanadi.

Piroliz — bu yonuvchi materiallarni havosiz muhitda termik qayta ishlashdir. Pirolizda yuqori harorat ta'sirida yuqori molekular birikmalar destruksiyalanib (parchalarib) kichik molekular to'yingan va to'yinmagan uglevodorodlar hosil qiladi. Bunda izomerlanish, polimerlanish va boshqa reaksiyalar borishi ham mumkin. Piroliz jarayonlari olingan mahsulotlarni rektifikatsiyalash bilan qo'shima olib boriladi. Suyuq va gazsimon moddalarning piroliziga *kreking* deyiladi.

Kreking — organik moddalar makromolekulalarining yuqori harorati yoki katalizatorlar ta'sirida ancha kichik molekulalarga va radikallarga parchalanishidir. Hosil bo'lgan molekula va radikallar keyinchalik bir-biri bilan o'zaro reaksiyaga kirishib, yangi birikma hosil qiladi.

Polimerlanish qandaydir biror monomerning bir xil molekulalari kimyoviy birikib makromolekula, ya'ni polimer hosil qilishidir.

Gaz — suyuq (g — s) sistemalarida jarayonlarni o'tkazish uchun apparatlar. G — S sistemalarda jarayonlarni olib boruvchi apparatlar turli xil bo'lib, bir xil tipdagi apparatlar kimyoviy reaktor sifatida ishlatilishi yoki fizik jarayonlarni: suyuqliklarni gaz bilan isitish, distillyatsiya, rektifikatsiya va boshqalarni amalga oshirishda qo'llanilishi mumkin.

Reaktorlar, xomashyoni mumkin qadar to'liqroq tayyor mahsulotga aylantirishi, jarayonlarni jadal borishini ta'minlaydigan bo'lishi lozim. Shuning uchun apparat konstruksiyasi, fazalarning o'zaro ta'sir yuzasini kengaytirishni, uni yangilab turishni, jarayonning diffuzion qarshiligini kamaytirish uchun samarali aralashtirishni ta'minlashi kerak. Ko'pchilik reaktorlar eng avval fazalar orasida, bevosita aralashtirish yo'li bilan yoki bevosita reaktor ichida o'rnatilgan issiq almashtirgichlar yordamida issiqlikni almashinib turishini ta'minlashi lozim.

Fazalarning o'zaro ta'siri yuzasini hosil qilish usuliga qarab gaz — suyuq sistemalarda foydalaniladigan apparatlar to'rt asosiy tipga bo'linadi.

Nasadkali minora (29- rasmga qarang) (kolonna) uzun (30 m. gacha) silindrsimon, odatda uglerodli po'latdan yasalgan ichi agressiv muhitga chidamli maxsus g'isht yoki plitka bilan qoplangan (futerovkalangan) bo'ladi. Minora ichidagi boshoqsimon chambara ustiga to tepasigacha nasadka o'rnatilgan. Yuqoridan pastga tomon nasadka orqali suyuqlik oqib uni ho'llaydi va yupqa suyuqlik pardasini hosil qiladi. Gaz esa pastdan yuqoriga tomon suyuqlikka qarama-qarshi oqimda (ba'zida esa gaz bilan suyuqlik bir tomonga oqadi) harakat qiladi.

Reaktorning normal ishlashi nasadkani tanlashiga bog'liq. Nasadka katta solishtirma sirtga ega bo'lishi, yengil, mexanik mustahkam, arzon va katta bo'sh hajmga ega bo'lishi kerak. Nasadka yana gaz oqimga kam qarshilik ko'rsatishi va suyuqlik bilan oson ho'llanishi lozim. Turli shakldagi nasadkalar ishlatiladi. Masalan, po'latdan yoki keramikadan balandligi h va tashqi diametri d ga (h x d=100 x 100 yoki 50 x 50, yoki 25 x 25 mm^2) teng qilib yasalgan halqalar va

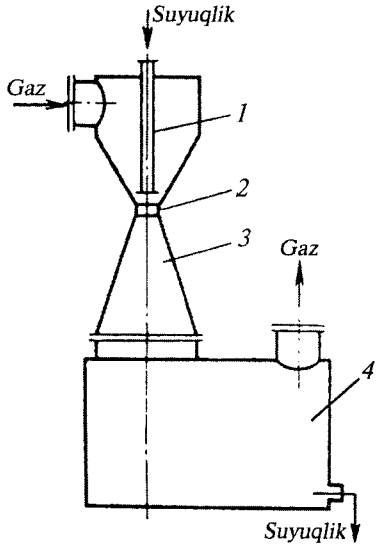
boshqalar. Reaktor ishini jadallash uchun suyuqlik va gaz oqimi tezligi oshiriladi, maxsus nasadka tiplaridan (spiral, to'qimasimon, yassi parallel) foydalaniladi.

Jarayonning tezligini (1.24) formula bo'yicha hisoblanganda gaz bilan suyuqlik orasidagi bir-biriga tegib turuvchi yuza sifatida nasadkaning butun geometrik sirti olinadi.

Nasadkali minoralar, sulfat kislota, nitrat kislota ishlab chiqarishda koks gazlarini qayta ishlashda, bir qancha organik sintezning va boshqalarning adsorbsion va desorbsion jarayonlarida eng keng foydalaniladigan apparatlardir.

Barbotajli reaktorda (37- rasm) G — S jarayonning xarakteriga, reaktorning belgilangan foydali ish koeffitsientiga, selektivligiga bo'lgan talabga qarab bittadan tortib bir necha o'ntagacha (odatda ko'pincha 10 tadan 100 tagacha bo'ladi) qopqoqli yoki to'rsimon tarelkalar o'ratilgan bo'ladi. Har bir tarelka ustidagi suyuqlikning butun hajmida gaz dispersiyalanadi (tarqaladi), ya'ni tarelka ustida oquvchi suyuqlik orqali gaz pufakchalari o'tkaziladi. Har bir tarelkada fazalar chorraha oqimida o'zaro ta'sirlanadi, minoraning balandligi bo'yicha esa qarama-qarshi oqim prinsipi saqlanadi. Suyuqlikdagi barcha hosil bo'lgan pufakchalar sirtini hisobga olish qiyin. Shuning uchun ham odatda (1.23) formuladagi F qiymati sifatida minora tokchalari (tarelkalari)ning maydoni qo'yiladi.

Barbotajli reaktorlar kislotalarni konsentrlash, soda ishlab chiqarish, neftni qayta ishlash, distillyatsiya va rektifikatsiya, organik moddalar texnologiyasi kabi kimyoviy ishlab chiqarishlarda keng qo'llaniladi. Bu tip reaktorlar konstruksiyasi jihatidan nasadkali minoralarga nisbatan ancha murakkab tuzilishga ega, ularni montaj qilish (yig'ish), ishlatish, tozalash katta qiyinchiliklar bilan bog'liq va katta harorat talab qiladi, ammo ular ancha jadal ishlaydi, suyuq aralashmalarni juda chuqur tozalaydi. Absorbsiyalash uchun (32-rasmda ko'rsatilgan aralashtirgichdek) oddiy barboterlar ishlatiladi. Qovushqoqligi uncha katta bo'lmagan suyuqliklarni aralashtirish uchun hamda donasimon materiallarni suvda yuvish uchun pnevmatik usul yoki barbatajli aralashtirish qo'llaniladi.



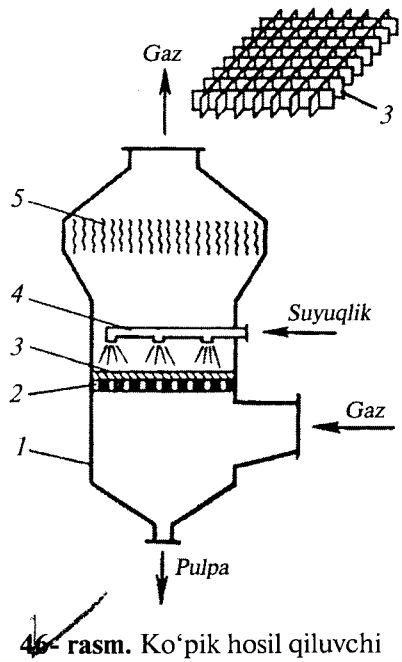
45-rasm. Venturi apparati.
1 — naycha(soplo); 2 — bo'g'zi;
3 — aralashtirish bo'lmasi;
4 — ajratuvchi bo'lma.

Suyuqlikni sachratuvchi ichi bo'sh minora gaz va suyuqlikni changlantirish, ya'ni sachratish orqali katta ta'sir yuza hosil bo'lishini ta'minlaydi. Kameraga markazdan qochma, uruvchi va boshqa mexanik sachratuvchi turlari o'rnatiladi. 38- rasmda sulfat kislota ishlab chiqarishda qo'llaniladigan mexanik sachratuvchi minoraning kesmasi (uzunligiga) tasvirlangan. 45- rasmda Venturi adsorberi tasvirlangan. Unda gaz energiyasidan foydalanib, suyuqlik tomchilarga sachratiladi.

Girdob shaklida harakatga keltirilgan gazning kuchli oqimi tizilib otilayotgan suyuqlikni juda kichik tomchilarga—tumanga parchalab yuboradi. Bunday adsorberlarda absorbsiyalanish darajasini ancha yuqoriga ko'tarish mumkin, ammo ularda gidravlik qarshilik yuqori bo'ladi va shunga mos holda gazni qattiq itarish uchun energiya sarfi ham ortadi. Shu sababli Venturi apparati gaz-suyuq sistemalarda boshqa tipdagi apparatlarga nisbatan kam qo'llaniladi.

Ko'pik hosil qiluvchi apparatlar (46- rasm) ishining jadalligi jihatdan Venturi apparatiga yaqinlashadi, ammo energiya sarfiyoti bo'yicha barbotajli apparatga nisbatan ham, Venturi apparatiga nisbatan ham ancha kam energiya sarflaydi. Bunday apparatlarda gaz oqimi pastdan yuqoriga tomon panjara orqali o'tadi va panjara ustidagi suyuqlik xuddi shunday tezlikda (gaz oqimi tezligida) pastga tomon harakat qiladi. Gazning suyuqlikdagi ishqalanish kuchi bilan suyuqlik massasi orasida muvozanat hosil bo'lib, natijada suyuqlik pastga tushib ketmaydi, balki suyuqlik gaz pufakchasi, oqimi bilan aralashib tez harakat qilib turuvchi yupqa suyuqlik pardasi, tomchisi yoki oqimi

ko'rinishida osilib turuvchi ko'pik qavati hosil qiladi. Bunda gazning tezligi 1 dan 4,5 m/s gacha bo'ladi. Barbotaj apparatidagiga nisbatan 2 — 4 marta gaz tezligi katta, gaz tezligini bundan ham oshirilsa, u paytda osilib turgan ko'pik qavati buziladi va osilib turgan tomchilar oqimi shaklida gaz bilan chiqib ketadi. Gazning tezligi 1 m/s dan pasaytirilsa, hamma suyuqlik chambara orqali pastga oqib tushadi va apparatning ishi buziladi. Ko'pikning barqarorligini ta'minlovchi narsa (stabilizator) chorraha shaklida joylashtirilgan tik chambaradir. U ko'pikning bir tekisdagi balandligini va gazning tezligini ta'minlaydi.



46-rasm. Ko'pik hosil qiluvchi apparat.
1 — korpus; 2 — panjara;
3 — ko'pikni turg'unlovchi;
4 — suyuqlikni berish; 5 — tomchi

Ko'pik stabilizatorisiz apparatlar ham va barbotajli apparatdagidek suyuqlik toshib to'kilib turuvchi apparat turlari ham ko'llaniladi. Absorbsion va desorbsion jarayonlar uchun asosan ko'p tokchali ko'pik hosil qiluvchi apparatlar ishlatiladi.

Gaz — qattiq modda (g — q) sistemasidagi jarayonlar. Gazsimon va qattiq reagentlar ishtirokida boradigan nisbatan tipik texnologik jarayonlarga: qattiq adsorbentlar bilan gazlarni absorbsiyalash va absorbsiyalangan gazlarning desorbsiyasi, gaz fazasi komponentlarining (qismlarining) qattiq katalizator yuzasidagi reaksiyalari, qattiq moddalar bug'larining bug'lanishi va kondensatsiyalanishi, qattiq yoqilg'ilar pirolizi, qattiq materiallarni kuydirishning har xil turlari va boshqalar kiradi. Bulardan eng xarakterlisi qattiq moddalarni kuydirish va adsorbsion jarayonlardir.

Kuydirish deb, qattiq materiallardan foydali komponentlarni ajratib olish yoki unga mexanik mustahkamlik berish uchun, yuqori haroratda ularga ishlov berish jarayoniga aytiladi. Materiallarni kuydirganda har xil jarayonlar: piroliz, haydash, dissotsiatsiya, kalsinatsiya va boshqa kimyoviy jarayonlar birgalikda borishi mumkin. Bunda jarayonlar qattiq materiallarda, qattiq materiallarning komponentlari orasida va gaz fazalarida borishi mumkin. Kuydirish jarayonida ba'zan qattiq modda qisman suyuqlanib suyuq faza hosil qiladi, so'ngra u boshqa fazalar bilan o'zaro ta'sirlashadi.

Qattiq materiallarni kuydirganda boradigan asosiy fizik-kimyoviy aylanishlardan biri termik dissotsiatsiyalanish, ya'ni yuqori harorat ta'sirida moddalarning nisbatan kichik va oddiy molekulalarga parchalanishidir. Qattiq moddalarning dissotsiatsiyalanishi CO_2, suv bug'lari va boshqalarning ajralib chiqishi bilan boradi. Kuydirishda sodir bo'ladigan dissotsiatsiya turlaridan biri bu kalsinatsiya, ya'ni uglerod (IV) oksidining va kristallizatsiya suvining ajralib chiqishidir.

Absorbsiya — bu qattiq yutuvchi moddalar — sorbentlar sirtiga gazlarning yutilishi jarayonidir.

Haydalish yoki sublimatsiya deb, qattiq moddalarning qizdirilganda suyuqlanmay gaz holatga o'tishi va gazlarni sovigach suyuqlanmay birdaniga qattiq holatga aylanish jarayoniga aytiladi.

Qattiq yoqilg'ilar pirolizi suyuq yoqilg'i pirolizi prinsipiga asoslangan bo'ladi. Qattiq yoqilgi pirolizining har xil turlari (ayniqsa, toshko'mir pirolizi) sanoatning ayrim tarmoqlarini, masalan, koksokimyo sanoatini tashkil etadi.

G — K sistemada jarayonni jadallashga, avvalo haroratni oshirish va fazalarning o'zaro ta'sir yuzasini kengaytirish orqali erishiladi, ya'ni ichki diffuzion tormozlanishning oldi olinadi. Ta'sir yuzani kengaytirish uchun qattiq material maydalanadi va gaz bilan aralashtiriladi hamda g'ovak bo'laklar, ya'ni donachalardan foydalaniladi. Adsorbent va katalizator g'ovaklarining ichki yuzasi tashqi yuzasiga nisbatan yuzlab, minglab marta katta bo'ladi va 1 g donachalar o'nlab, hatto yuzlab m^2 yuzaga ega bo'ladi. Agar ichki yuzaning hammasi reaksiyada ishtirok etsa, u vaqtda reaksiya tezligi (1.23) formulaga binoan g'ovak donachalar qo'llanilganda g'ovaklashtirilmagan oddiy donachalarga nisbatan yuzlab marta katta

bo'ladi. Ammo g'ovaklarning kesimi kichik bo'lganlinidan gaz komponentlarining diffuziyasi qiyinlashadi, shuning uchun ko'pgina jarayonlarning tezligini ichki diffuziya belgilaydi.

Masalan, kolchedan kuydirishda, kolchedan donachalari sirtida metall oksididan g'ovak qavat hosil bo'ladi, natijada ichki diffuzion tormozlanish (to'siq) paydo bo'ladi. Cho'yan ishlab chiqarishda ham g'ovak bo'laklar ishlatiladi. Shuning uchun ham g — k sistemada jarayon ikki emas, balki uch: tashqi diffuzion, ichki diffuzion va kinetik sohada boradi.

Kuydirish, piroliz, haydalish yoki sublimatsiyalash va boshqa ko'pgina katalitik jarayonlar 400°C dan 3000°C gacha harorat oralig'ida boradi. Haroratning ortishi bilan jarayon tezligi kinetik sohada Arrenius tenglamasi bo'yicha (1.33), tashqi diffuzion sohada (1.35) tenglamaga muvofiq va ichki diffuzion sohada esa

$$u = a\sqrt{T} \tag{1.41}$$

tenglamaga muvofiq ortadi. Harorat oshirilganda ayniqsa, endotermik qaytar reaksiyalar kuchli intensivlanadi, chunki bir vaqtning o'zida ham reaksiya tezlashadi, ham muvozanat unumi ortadi. Bunday jarayonlar uchun haroratni oshirish faqat reaksiyaga kirishuvchi reagentlarning va konstruksion materiallarning issiqlikka chidamlilik darajasi hamda qizdirishga sarflangan energiyaning qiymati bilangina chegaralanadi. Yuqori haroratli jarayonlarni amalga oshirish uchun ishlatiladigan asosiy reaktor turlariga har xil konstruksiyali sanoat pechlari kiradi.

Sanoat pechlari issiqlik ishlab chiqaruvchi apparat bo'lib, bu issiqlik, pech ichidagi qattiq materiallarni termik ishlov berishda foydalaniladi. Unda issiqlik yoqilg'ini yoqishdan, ekzotermik reaksiyaning borishidan yoki elektr energiyasini issiqlik energiyasiga aylantirishdan ajralib chiqish manbai reaksion massaning o'zida bo'ladi, masalan, domna pechlarida koks, sulfidli rudalarni kuydirish pechlarida issiqlik apparat devori orqali beriladi. Masalan, piroliz jarayonlari olib boriladigan pechlari, koks batareyalari va boshqalar. Issiqlik uzatish qonuniyatlari va massa uzatish qonuniyatlari bir xil

bo'ladi. Vositali qizdirish pechlarida issiqlik uzatish tenglamasi quyidagicha:

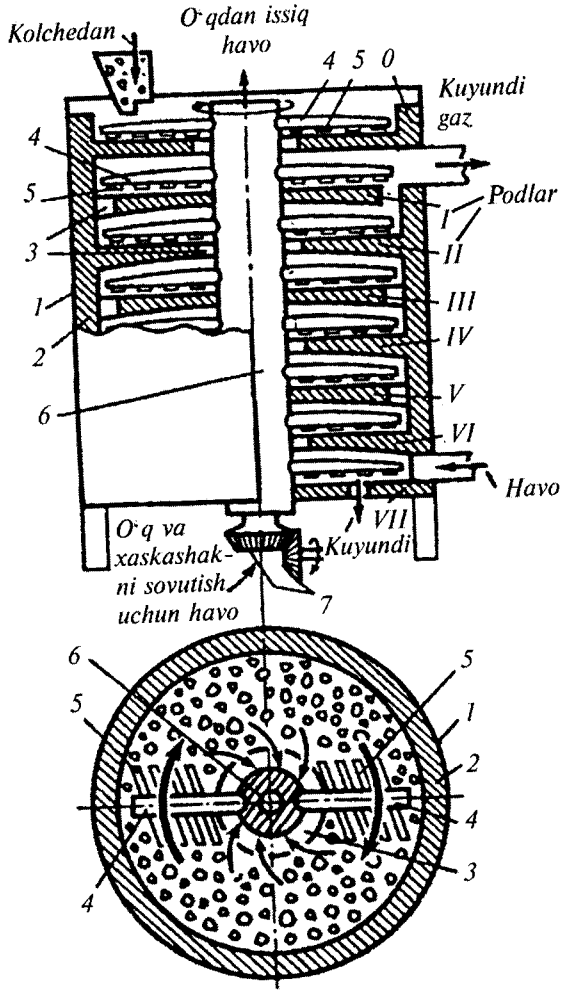
$$\frac{dQ}{d\tau} = K_T F \cdot \Delta t \qquad (1.42)$$

Bunda, Q — τ vaqt oralig'ida uzatilgan issiqlik miqdori; K_τ — issiqlik uzatish koeffitsienti; F — isitish (yoki sovutish) sirti; Δt — qizdirilayotgan material va issiqlik tashuvchi harorati farqining o'rtacha qiymatiga teng issiqlik uzatishning harakatlantiruvchi kuchi.

Pechlar mo'ljallangan texnologik sohasiga qarab fizik jarayonlarni o'tkazishga mo'ljallangan. Masalan, quritish pechlari (materiallardan namlikni chiqarib yuboradi) hamda kimyoviy reaktorlarga bo'linadi. Qurilish prinsipiga va bajaradigan ishiga qarab asosiy pech tiplari, shaxta pechlariga, qattiq materiallarni changlantiruvchi, qaynovchi qavatli, aylanib turuvchi barabanli, tunnel, kamerali, vannasimon va elektr pechlariga bo'linadi. Yuqorida nomlari aytilgan pech tiplariga ular qo'llaniladigan ishlab chiqarishlar ko'rib o'tilganda batafsil tavsif berilgan.

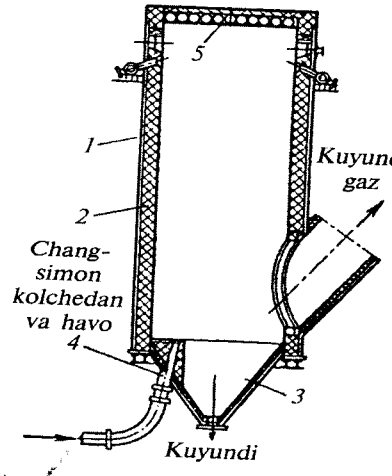
Tokchali mexanik pechlar bevosita qizdiriladigan pech bo'lib, unda reagentlarni aralashtirish, maydalangan qattiq materiallarning gaz bilan o'zaro ta'sir yuzasini yangilash va ko'paytirish mexanik aralashtirgichlar yordamida amalga oshiriladi (47- rasm). Bunday pechlar boshqa pech tiplariga qaraganda murakkab konstruksiyaga ega va jadalligi past (0,2 t/m^3 sutka). Shuning uchun ham bunday pechlar ko'pchilik sanoat tarmoqlarida boshqa tip pechlarga almashtirilgan. Bunday pechlar kolchedan kuydirishda va boshqa sulfidli rudalarni (rangli metallurgiyada) kuydirishda, qog'oz sanoatida va boshqalarda ishlatiladi.

Shaxta pechlari yumaloq kesimli baland apparatlar bo'lib, uning ichi 40 m. balandlikkacha qayta ishlanadigan materiallar va yoqilg'i bilan to'lg'izilgan bo'ladi. Gaz oqimi pechning yuqorisidan sekin pastga tushayotgan qattiq material orqali o'tadi. Shaxta pechlariga: domnalar, rangli metallurgiya pechlari, ohak kuydirish pechlari, gazogeneratorlar va boshqalar kiradi.



47 rasm. Mexanik tokchali kuydirish pechi.
1 — po'lat g'ilof; 2 — qoplama(futerovka); 3 — aylana teshiklar; 4 — kuraklar; 5 — kurak tishlari; 6 — o'q (val); 7 — shesterna uzatgich.

Maydalangan qattiq materialni pastdan yuqoriga ko'tarilayotgan gaz oqimiga qarama-qarshi yo'nalishda ichi bo'sh kamerada changlatuvchi pech (changlatib kuydirish pechlari) quritish uchun ishlatiladi (48- rasm). Bunday changlatib kuydirish pechlari sulfat kislota ishlab chiqarishda flotatsiyalangan kolchedanni kuydirishda ham ishlatiladi.



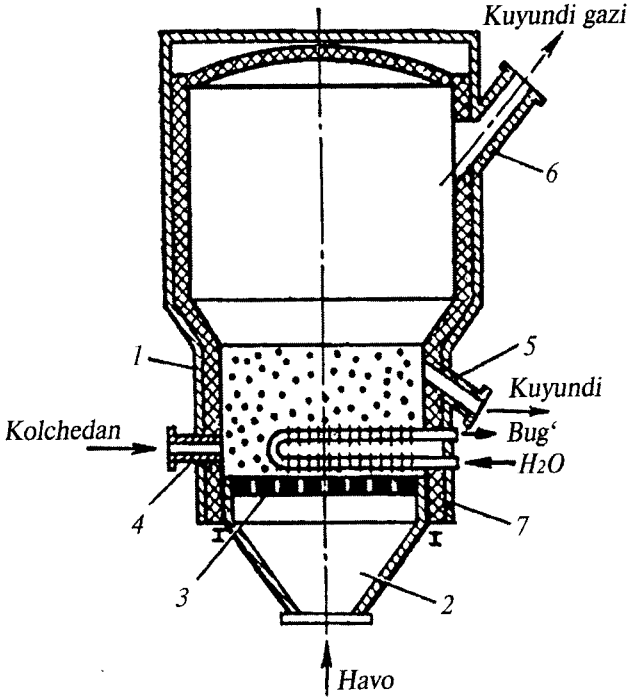
48- rasm. Kolchedanni changitib kuydirish pechi.
1 – silindirsimon g'ilof;
2 –futerovka(qoplama);
3 – kuyundi uchun bunker;
4 – kolchedan va havo aralashmasini kiritadigan forsunka; 5 – sovutuvchi ekran.

Qaynovchi qavatli pech tuzilishi oddiy bo'lishiga qaramay jarayonning yuqori jadalligini ta'minlaydi. Ular donador materiallarni quritish uchun, kolchedanni kuydirish va qattiq yoqilg'ini yarim kokslash uchun hamda katalitik jarayonlarda ishlatiladi. Tipik qaynovchi (muallaq turuvchi) qavatda kuydirish pechlariga kolchedan kuydirish pechlari (49- rasm) misol bo'ladi. Muallaq turuvchi (qaynovchi) qavat hosil bo'lishi uchun gazni ostdan maydalangan qattiq material orqali shunday tezlikda o'tkaziladiki, qattiq zarracha biroz yuqoriga uchib ham ketmaydi, ostga ham tushmaydi, go'yo «suzib» yuradi. Gaz oqimi tezligi 3—4 marta oshirilganda ham pechdan chiqib ketmaydi. Ammo undan oshirilsa, gaz bilan birga uchib chiqib ketadi.

Qaynovchi qavatli pechlarida kuydiriladigan qattiq zarrachalar gaz bilan samarali yuviladi, bunda ikki fazali sistemaning girdobsimon aylanish darajasi juda yuqori bo'lib, diffuzion tormozlanish esa ancha kam bo'ladi.

Issiqlik va massa uzatish (o'tkazish) tezligi yuqori, harorat rejimi izotermik bo'ladi. Bu holat esa reaktorda boradigan jarayonlarni boshqarishni osonlashtiradi. Yonish issiqligidan foydalanib, bug' ishlab chiqarish imkoniyatini beradi. Shuning uchun ham qaynovchi qavat maydonida issiq almashtirgichlar o'rnatiladi va u issiq almashtirgichlar gaz muhitidagiga nisbatan issiq uzatish bilan bir necha marta ko'p ta'minlaydi.

Qaynovchi qavatli pechlarning siklon apparati ham bo'lgan qurama tiplarining konstruksiyalari ishlab chiqilgan. Unda gaz bilan



49- rasm Qaynovchi qavatda kuydirish pechi (kolchedan kuydirish pechi). 1 — kuydirish bo'lmasi; 2 — bunker; 3 — panjara; 4 — kolchedan kiritish joyi; 5 — kuyindi gazlari chiqadigan joy; 6 — kuyindi gazlari chiqadigan joy; 7 — sovutkich (bug' qozon bo'lmasi).

uchib chiqqan zarrachalar issiq siklonda ushlab qolinadi va yana qaynovchi qavatga qaytariladi.

Bunday pechlarning kamchiligi, pechdan chiqqan gazlar chang zarrachalari bilan juda yuqori darajada to 200 g/m^3 gacha ifloslanishidir.

Barabanli aylanuvchi pechlar. Po'latdan yasalgan ichi o'tga chidamli g'isht bilan qoplangan baraban (mashina apparatlarning uzun silindrsimon qismi) g'ildirakchali tayanchga 3 — 4° burchakda qiya qilib gorizontal o'rnatiladi. Baraban elektromotor uzatmasiga va pechga o'rnatilgan tishli g'ildirak (shesterna) yordamida bir soniyada 0,5 — 2 martagacha tezlik bilan aylanadi (39- rasm).

Baraban aylanganda qattiq material pechning yuqori qismidan pastiga to'kiladi, pech ichida qarama-qarshi oqimda issiq yoqilg'i — gaz harakat qiladi. Bunday pechlar glinazyom va sement klinkeri,

soda, ishqor va boshqalarni ishlab chiqarishda: turli materiallarni quritish va kuydirish uchun ishlatiladi. Hozirgi zamon sement pechlarining uzunligi 200 m., diametri 5 m. gacha bo'ladi. Barabanli pechlarning konstruksiyasi va uni ishlatish juda oddiy, universalligi hamda mahsuldorligi yuqori bo'lganligidan keng tarqalgan.

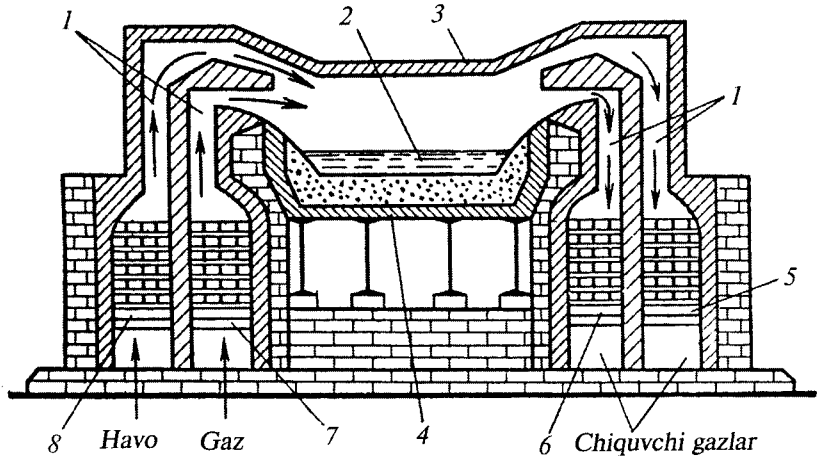
Tunnel (kanalli) pech (40- rasm) uzun (200 m. gacha), chuqur kanal bo'lib, ichki devorlari o'tga chidamli g'isht bilan qoplangan, ichida relslar o'rnatilgan, unda bir-biriga yaqin holda o'rnatilgan ichida kuydiriladigan material ortilgan vagonchalar harakat qiladi. Vagonchalar ham o'tga chidamli g'isht bilan qoplangan va tashqi yon tomonlari temir qalqon bilan o'ralgan. Vagonchalar harakat qilganda yon qalqon qumga botib (100—150 mm gacha botadi) yuradi, natijada pech bo'shlig'ini vagonchalar ostidagi kanal va relslarni ajratib turadi. Shuning uchun ham issiq gaz, vagon ostiga, kanalga kira olmaydi. Bu narsa vagonchalarning ostki qismini va relslarni harorat ta'siridan himoya qiladi.

Vagonchalar harakatiga qarama-qarshi yo'nalishda issiq gaz yoki havo oqimi harakat qiladi. Pech kanali qizdirish, kuydirish va sovitish zonalariga bo'linadi. Kuydirish zonasida forsunka (yoqilg'ini yoqadigan asbob) yordamida gazsimon, qattiq yoki suyuq yoqilg'ilar yoqiladi. Tunnel pechini boshqarish, uning ishini avtomatlashtirish oson. Pech uzluksiz ishlaydi, mahsuldorligi yuqori (200 t/sutka va undan ortiq). Tunnel pechlari o'tga chidamli materiallar va keramik buyumlarni kuydirishda, slaneslarni yarim kokslashda, yog'ochni quruq haydashda, oltingugurt suyuqlanmasini rudadan ajratib olishda va boshqalarda ishlatiladi.

Kamerali pechlar har xil shakldagi yopiq kameralar bo'lib, biribiridan ishlash sharoiti, konstruksiyasi, qizdirish usullari bilan farq qiladi. Bunday pechlar ko'p tonnali ishlab chiqarishlarda, masalan, toshko'mirni kokslashda, keramik buyumlarni kuydirishda ishlatiladi. Tuzlar ishlab chiqarishda ishlatiladigan kamerali pechlarni mufel yoki retorta deyiladi. Laboratoriya amaliyotida ham ishlatiladi.

*Vannali pech*larda qattiq materiallar suyuqlanadi va suyuq holatda termik yoki kimyoviy qayta ishlanadi. Keng tarqalgan qudratli vannali pech tiplariga alangali qaytargichli (issiqlik, nur, to'lqin kabilarni qaytaradi) pechlar kiradi. Masalan, marten pechlari (50- rasm)

rangli metallurgiyaning qaytargichli pechlari, shisha pishirish pechlari hamda metallurgiya konvertorlari va tigel pechlari va boshqalar.



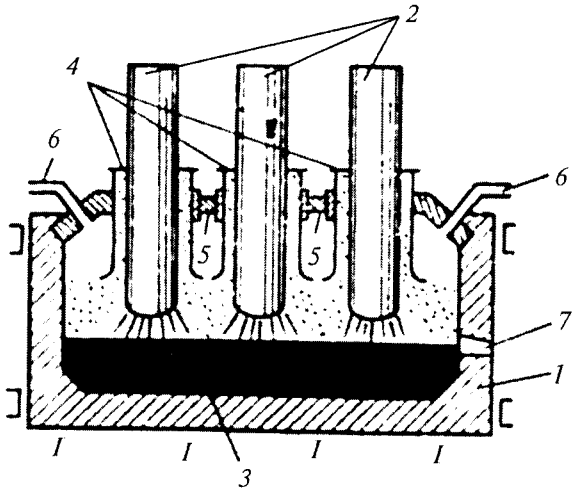
50- rasm. Marten pechi.
1 — yoqish uchun gaz va havo kiradigan hamda yonish mahsulotlari chiqadigan kanallar, 2 — ishchi bo'shliq(suyuq po'lat); 3 — gumbaz; 4 — pechning tagi; 5—8 — regeneratorlar.

Elektr pechlari elektrotermik jarayonlarda foydalaniladi. Unda elektr energiyasi issiqlik energiyasiga aylanadi va harorat 3000°C gacha ko'tariladi. Elektr pechlari: qarshilik ko'rsatish pechlari, yoy pechlari, quramalashgan (kombinirlangan) va induksion pechlariga bo'linadi.

Qarshilik ko'rsatish pechlarida tok o'tkazgich sifatida katta qarshilik ko'rsatish xossasiga ega bo'lgan kuydiriladigan materiallar (to'g'ridan-to'g'ri qizdirish) yoki maxsus o'tkazgichlar (vositali qizdirish) ishlatiladi va pechlarida elektr toki yordamida hosil qilingan yoy issiqligidan foydalanib qizdiriladi. Yoy elektrodlar va qizdiriladigan materiallar orasida (to'g'ridan-to'g'ri qizdirish) yoki ikki elektrod oralig'ida (vositali qizdirish) hosil qilinadi. Qurama pechlarda har ikkala prinsip ham qo'llaniladi, ya'ni ham yoydan ham material qarshiligidan foydalaniladi.

Induksion pechlarda esa material qizdirilayotgan obyektning (odatda metall) o'zida induksiyalangan tok, ya'ni hosil bo'lgan o'zgaruvchan tok bilan yoki qizdiruvchidan issiqlik uzatish orqali qizdiriladi.

Elektrotermik jarayonlar metallurgiya sanoatida, ligerlangan po'lat, rangli va siyrak metallar ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Elektrotermik pechlarda: po'lat, kalsiy karbidi, ozon, kremniy, kvars shisha, korund, fosfor, uglerod sulfidi, asetilin, grafit va boshqalar ishlab chiqariladi 51- rasmda kalsiy karbid ishlab chiqaruvchi pechning kesimi ko'rsatilgan elektrotermik ishlab chiqarishlarda turli quvvatga (bir necha yuzdan 50 ming kVt gacha) ega bo'lgan elektr pechlar qo'llaniladi.



51- rasm. Kalsiy, karbid ishlab chiqarish uchun elektr yoy pechi.
1 — metall korpus ichi o'tga chidamli g'isht bilan qoplangan;
2 — elektrodlar; 3 — pechning ko'mir tubi; 4 — pechga material kiritiladigan teshik; 5 — pechning gumbazi; 6 — gaz chiqadigan quvurlar; 7 — karbid suyuqlanmasini quyub chiqarib olish teshigi.

Elektrotermik ishlab chiqarish ko'p energiya talab qiladi. Masalan, quyida 1 t moddalarni ishlab chiqarish uchun sarflanadigan energiya miqdori berilgan.

Moddalar	Energiya, kVs s/t.
1. Kalsiy karbidi (80% li)	2700—3200
2. Fosfor	13000—20000
3. Kremniy karbidi	9000—12000
4. Elektrokorund	1900—3200

Suyuq — qattiq (S — Q) sistemasidagi jarayonlar. Qattiq va suyuq reagentlar ishtirokida boruvchi jarayonlar ko'pgina kimyoviy ishlab chiqarishning asosini tashkil etadi. Bunday jarayonlarga suyuqlikda erigan moddalarning qattiq yutgichlarga (absorbentlarga) absorbsiyalanishi va desorbsiyalanishi, qattiq moddalarning erishi va kristallanishi, qattiq moddalarning suyuqlanishi va suyuqlanmadan kristallanishi suyuq monometrlarning polimerlanishi, qattiq zarrachalarning suyuqlikda tarqalishi (disperslanishi) va boshqalar kiradi. S—Q sistemada boruvchi ko'pchilik kimyoviy jarayonlar diffuzion sohada boradi. Shuning uchun fazalararo yuzani kengaytirish va fazalarni aralashtirishning har xil usullari qo'llaniladi. Qaynovchi qavatli va harakatsiz qavatli (qattiq donador material qavat) apparatlardan hamda barcha tipdagi mexanik va pnevmatik aralashtirgichlardan (31,32- rasmlar) foydalaniladi.

33- rasmda kurakli aralashtirgichning sxemasi berilgan. Bu aralashtirgich ham fizik jarayonlarni (eritish va kristallash), ham erish va kristallanish kabilar bilan birgalikda boruvchi kimyoviy jarayonlarni olib borishda hamda yuqori molekular birikmalar ishlab chiqarishda polimerlash uchun qo'llaniladi.

Ikki qattiq fazalar (Q-Q), ikki suyuq fazalar (S-S) va ko'p fazali sistemalarda boruvchi jarayonlar. Faqat ikki qattiq faza (Q-Q) ishtirokida boruvchi jarayonlarga, qattiq materiallarni kuydirganda ularning suyuqlanib bir-biriga yopishib yaxlitlanib qolish jarayoni misol bo'la oladi.

Yaxlitlanish bu kichik, kukunsimon yoki changsimon materiallardan, komponentlarning suyuqlanish haroratiga yaqin haroratda bir-biriga yopishtirish yo'li bilan yirikroq qattiq g'ovak bo'laklarni olishdir. Yaxlitlanish jarayoni pech — reaktorlarda, masalan, aylanuvchi barabanli va tunnel pechlarida boradi.

Ikki suyuq (S-S) faza ishtirokida boruvchi texnologik jarayonlarga ekstraksiyalash, emulsiyalash va deemulsiyalash kiradi.

Ekstraksiyalash — bu suyuq aralashmalarni ayrim komponentlarini tanlab eritib olish xossasiga ega bo'lgan erituvchilar bilan ishlov berishga asoslangan usuldir. Ekstraksiyalashni agar rektifikatsiyalab ajratishning iloji bo'lmaganda (masalan, qaynash

haroratlari bir-biriga juda yaqin bo'lsa), yoki azeatrop aralashma - qaynatilganda ajralmaydigan aralashma hosil qilsa yoki komponentlarning termik mustahkamligi yetarli darajada bo'lmaganda qo'llanilsa, maqsadga muvofiq bo'ladi. Ekstraksiyalash, neft mahsulotlarini tozalashda, kokslash va yarim kokslashda smala usti suyuqligi hamda oqova suvlaridan fenolni ajratib olishda, anilinni suvdan ajratib olishda, kapron ishlab chiqarishda (kaprolaktamni erituvchilar bilan ekstraksiyalab olishda), turli organik moddalarni (suyuqliklarni) kislota va ishqorlardan yuvib ajratib olishda, siyrak metallarni suyultirilgan eritmalaridan ajratib olishda, yod va brom ishlab chiqarishda va boshqalarda keng qo'llaniladi.

Emulsiyalash — bir suyuqlikning ikkinchi suyuqlikda mayda zarrachalarga bo'linib (tarqalib, disperslanib) ketishidir.

Deemulsiyalash — emulsiyalashning teskarisi bo'lib, unda emulsiya dastlabki moddalarga ajralib ketadi. Emulsiyalash ko'pgina oziq-ovqat mahsulotlarini, dori-darmonlarni, pigmentlarni, rassomchilik bo'yoqlarini hamda qator polimerlarni emulsion polimerizatsiya usulida olishda qo'llaniladi. Diemulsiyalashni sanoatda qo'llanilishiga, neftni ultratovush yoki boshqa usullar yordamida suv bilan hosil qilgan emulsiyasini buzish ya'ni neftni suvsizlantirish misol bo'la oladi.

S—S, geterogen sistemada ba'zi bir organik sintez reaksiyalari, masalan, nitrolash, sulfolash, emulsion polimerlash kabilar boradi.

Ko'p fazali sistemalar. Ko'pgina kimyoviy texnologik jarayonlar bir necha fazalar ishtirokida boradi. Tipik ko'p fazali texnologik jarayonlarda cho'yan va po'lat ishlab chiqarish (bunda uchta: qattiq, suyuq va gaz fazalar ishtirok etadi) soda ishlab chiqarishda ammiakli — tuzli eritmani karbonizatsiyalash (bunda gaz va suyuq fazalarning o'zaro ta'sirlashuvidan qattiq faza — natriy gidrokarbonati hosil bo'ladi). Koks gazlarini sovitganda ikki suyuq faza (smola va suv) hosil bo'lishi, suyuq uglevodorodlarni piroliz qilganda gaz va qattiq qoldiqli ikki fazaning hosil bo'lishi va shu kabilar kiradi. Ko'p fazali jarayonlarning tezligi o'zaro ta'sir etuvchi ikki fazaning qay birida reaksiya sust ketsa, o'sha fazalar orasidagi reaksiyalar tezligi asosida aniqlanadi.

II BOB. KATALITIK JARAYONLAR

Kataliz kimyoviy reaksiyalarni tezlashtirishning eng samarali va ratsional vositasidir. Kataliz hodisasini birinchi bo'lib, arab alximigi Abu Musa Jarib 702- yilda sulfat kislota ishtirokida spirtdan efir olish misolida kuzatdi. XVIII asr oxirlari va XIX asr boshlarida kimyo fanida kataliz hodisasini sistemali o'rganila boshlandi. Kataliz so'zi yunoncha «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 ortishi 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, iqtisodiy jihatdan ham foydali. 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. Kataliz, ayniqsa, organik moddalar ishlab chiqarish texnologiyasida keng qo'llaniladi. 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 kreking, 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.

1- §. 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 aktiv kompleks hosil qilish

orqali boradi. Reaksiyaning kinetik xossalari: tezligi, yo'nalishi va unga har xil tashqi sharoitning ta'siri, aktiv kompleksning tarkibi, tuzilishi, xossalariga bog'liq bo'ladi.

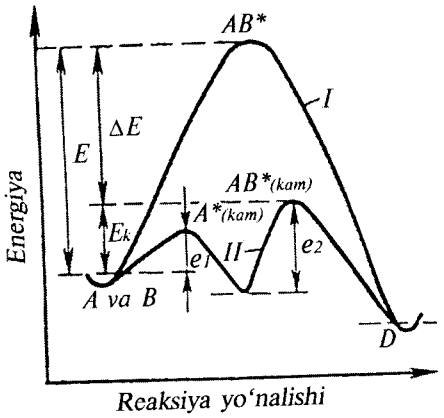
Katalizatorlar reagentlar bilan ko'p martalab kimyoviy ta'sirlashib katalizator massasidan minglab, millionlab marta katta massali mahsulot hosil qiladi. Ular reaksiyaning oraliq bosqichlarida ishtirok etib, elementar bosqichlar sonini va xarakterini o'zgartirishi mumkin. Masalan, A + B = D + ... biomolekular reaksiya uchun reaksion sistemaning energetik manzarasini ko'rib o'taylik. Katalizatorsiz reaksiya AV* aktiv kompleks hosil qilish bilan boradi.

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

$$A + [Kat] = A[Kat] \qquad (a)$$

$$A[Kat] + B = AB^*[Kat] \qquad (b)$$

$$AB^*[Kat] = D + [Kat] \qquad (d)$$



52- rasm. Reaksiyaga kirishuvchi sistemaning katalizatorsiz (I) va katalizator ishtirokida (II) boradigan reaksiya energiyasining o'zgarishi.

52- rasmda reaksiyaga kirishuvchi sistemaning katalizatorsiz va katalizator ishtirokida energiyasining o'zgarishi ko'rsatilgan. Bunda, E — nokatalitik reaksiyaning aktivlanish energiyasi; E_k — katalitik reaksiyaning aktivlanish energiyasi l_1 va l_2 oraliq bosqichlarining (a) va (b) aktivlanish energiyasi $E_k < E$, bu farq ΔE ga teng bo'lib, katalitik reaksiyaning nokatalitik reaksiyaga nisbatan tezlik darajasini aniqlaydi.

Katalizatorning reaksiyani tezlashtirishiga sabab, uning reaksiyagi initsiator kabi ta'sir etib, zanjirli mexanizm bo'yicha borishining ta'minlanishi yoki reaksiyaning borish yo'lini o'zgartirishi

orqali kimyoviy reaksiyaning aktivlanish energiyasini kamaytirishdadir. Ammo ba'zi bir tip katalitik reaksiyalarda E ning kamayishi bilan bir qatorda Arrenius tenglamasidagi predeksponensial ko'paytmaning kamayishi ham sodir bo'ladi.

$$K = K_0 \cdot l^{-\frac{E}{RT}}$$

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

Katalizatorning aktivligi — A ayni reaksiyaning tezlashtirish ta'sir o'lchami hisoblanadi. Aktivlik sharoitga bog'liq holda, aktivlanish energiyasi yoki nokatalitik va katalitik reaksiyalar tezliklari orasidagi farq yoki berilgan texnologik rejim parametrlariga asosan asosiy reaksiyadan olingan mahsulot unumi bilan ifodalanadi. Katalizatorning aktivligi — A ko'pincha katalitik reaksiyaning tezlik konstantasini nokatalitik reaksiya konstantasiga bo'lgan nisbati bilan tavsiflanadi. Bunda har ikkala holda ham reaksiyalarning texnologik rejim parametrlari: reagentlar konsentratsiyasi, harorat, bosim va boshqalari bir xil bo'ladi.

Predeksponsial ko'paytmaning qiymatlari bir xil bo'lganda

$$A = \frac{K_k}{K} = \frac{e^{-\frac{E_k}{RT}}}{e^{-\frac{E}{RT}}} = 1\frac{\Delta E}{RT}. \qquad (2.1)$$

Bunda, ΔE – nokatalitik va E_k – katalitik reaksiyaning aktivlanish energiyalari orasidagi farq

$$\Delta E = E - E_k. \qquad (2.2)$$

Katalizatorning aktivligi ko'pgina omillarga: uning tarkibiga, qattiq katalizator yuzasining xarakteri va kattaligiga, texnologik rejim 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 aktivligidir. Kimyoviy reaksiyaning harakatlantiruvchi kuchi doimiy

bo'lganda katalizatorning aktivligi (2.1) formula yoki quyidagi tenglama bo'yicha aniqlanadi:

$$A = u_k - u\,(1 - \varphi_k) \qquad (2.3)$$

Bunda, u_k va u – katalizator ishtirokida va katalizatorsiz boruvchi kimyoviy reaksiyalarning tezliklari; φ_k – katalizator egallagan reaksion fazaning ulushi.

Qandaydir kimyoviy reaksiyalarga turli sharoitlarda katalizator aktivligini taqqoslash uchun aktivlikni katalitik jarayonning jadalligi orqali ifodalash ham mumkin.

$$A = \frac{G_n}{\upsilon\tau}. \qquad (2.4)$$

Bunda, G_n – ta u (τ) vaqt oralig'ida olingan mahsulot miqdori; υ – katalizator egallagan hajm (to'kib qo'yilgan katalizatorning egallagan hajmi). Katalizatorning aktivligi qanchalik katta bo'lsa, jarayonni shunchalik past haroratda olib borish mumkin. Bu holat kattagina iqtisodiy va texnologik ustunlik beradi. Masalan, qaytar ekzotermik reaksiyalarning faktik va muvozanat unumini oshiradi, qo'shimcha mahsulotlar miqdorini kamaytiradi, xomashyoga ega bo'lgan sarf koeffitsientini pasaytiradi, mahsulot sifatini yaxshilaydi. Reaksion aralashmaning qattiq katalizator ishtirokida ishlab chiqarishga yetarli tezlikda, jarayonning ketishi uchun zarur bo'lgan minimal energiyasi *yoqish harorati* deyiladi. Amaliy jihatdan olganda past yoqish haroratida boruvchi jarayonlar maqbul hisoblanadi, qaysiki, reaksion 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 kat. olinishi kerak bo'lgan mahsulotning hosil bo'lish tezligini asosiy dastlabki reagentlarlarning barcha yo'nalishlari bo'yicha mahsulotga aylanishining umumiy tezligiga bo'lgan nisbati bilan aniqlash mumkin:

$$I_{kat} = \frac{dG_m}{\frac{V_m}{V_{dast}}(1 - d.G_{dast})} \qquad (2.6)$$

Bunda, G_m — mahsulot miqdori; G_{dast} — asosiy dastlabki reagnetlar; $V_m / V_{dast.}$ — asosiy dastlabki moddalardan mahsulot hosil bo'lishida stexiometrik koeffitsientlar nisbatlari.

Katalizator ta'sirining umumiy (integral) selektivligini quyidagi formula bo'yicha aniqlash mumkin.

$$I_{kat} = \frac{G_m}{G} = \frac{G_m}{G_m + G_{qo'sh}} . \qquad (2.7)$$

Bunda, G_m — 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 xossasiga nitrat kislota ishlab chiqarish ammiakni oksidlash jarayonini misol qilib ko'rsatish mumkin. Bunda platinali katalizator asosiy reaksiyaning, ya'ni ammiakni NO gacha oksidlash reaksiyasini keskin tezlatadi (reaksiya sekundning undan bir ulushlari ichida tugallanadi).

$$4\ NH_3 + 5\ O_2 \rightarrow 4\ NO + 6\ H_2O + 900\ kJ.$$

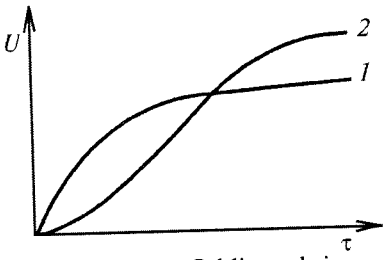
Qo'shimcha reaksiyalar esa (ammiakning N_2O va N_2 gacha oksidlanishi) termodinamik qulay sharoit bo'lishiga qaramay tezlashmaydi. Aksincha sekin o'tadi.

$$4NH_3 + 4O_2 \rightarrow 2\ N_2O + 6\ H_2O + 1100\ kJ$$
$$4NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2\ N_2 + 6\ H_2O + 1300\ kJ$$

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 mln. hatto mlrd. marta tezlashadi.

Ba'zi bir kimyoviy jarayonlarda reaksiya mahsulotlari (oraliq yoki oxirgi mahsulotlar) katalizator bo'lib xizmat qiladi. Bunday reaksiyalar *avtokattalik reaksiyalar* deyiladi. Oddiy katalizda vaqt o'tishi bilan reaksiya tezligi massalar ta'siri qonunini ifodalovchi, so'nib boruvchi egri chiziq bo'yicha boradi (53- rasm). Avtokatalizda esa reaksiya avval sekin boradi, vaqt o'tgan sayin reaksiya mahsuloti katalizatorning ko'payishi bilan reaksiya tezligi ham ortadi keyinchalik muvozonatiga yaqinlashgach, tezlik yana sekinlashadi.



53- rasm. Oddiy reaksiya (1 — egri chiziq) va avtokatalitik reaksiya (2 — egri chiziq) paytida vaqt o'tishi bilan reaksiya tezligining o'zgarishi.

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) uchun reaksion aralashmaga inisiator 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 katalizatordan 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 tipiga 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 molekulalar orasida elektron o'tishini katalizatorning o'z elektroni hisobiga osonlashtiradi. Oksidlanish-qaytirilish reaksiyalari metall katalizatorda (Fe, Ni, Pt, Ag va boshqalar) yoki oraliq metallarning oksidlarida (Fe_2O_3, Cr_2O_3, V_2O_5 va boshqalar) amalga oshiriladi. Katalizator reaksiyalarda elektron donori yoki elektron akseptori bo'lib xizmat qiladi va o'zining dastlabki elektron strukturasini tiklaydi. Gomolitik reaksiyalarga: oksidlanish-qaytirilish, gidrogenlash, degidrogenlash reaksiyalari kiradi.

Geterolitik yoki kislota — asosli reaksiyalar. Geterolitik reksiyalar kislota va asos katalizatorlar ishtirokida boradi. Katalizator rolini H_2SO_4, H_3PO_4, SiO_2, Al_2O_3, NaOH va boshqa kislota, asos va tuzlar o'ynaydi. Katalizator ta'siri bir reagentdan boshqa reagentga ionlarni o'tishini osonlashtirishdan iborat (masalan, ion katalizator H^+, OH^-, H_2SO_4 va boshqalar hisobiga o'rin olish reaksiyalari).

Geterolitik katalizni ko'pincha *ion kataliz* deyiladi. Kislota — asosli reaksiyalarga gidratatsiya, degidratatsiya, gidroliz, polikondensatsiya, polimerizatsiya, alkillash va boshqalar kiradi. Umumiy ta'siriga ko'ra, krekingni ham, unda ko'p reaksiyalar kislota — asosli va oksidlanish-qaytarilish reksiyalari borsa-da geterolitik reaksiyalarga kiritish mumkin.

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 chiqarildi.

A. A. Balandin taklif etgan multiplet nazariyasiga 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 samara kuzatiladi. Masalan, tarkibida benzol yadrolari bo'lgan aromatik uglevodorodlarning degidrogenlanish reaksiyasida katalizatorlik vazifasini faqat geksoganal kristallik panjaraga ega bo'lgan metallargina bajaradi.

N. I. Kobozevning 1939- yilda taklif etgan «Katalitik aktiv (ansambllar)» nazariyasiga ko'ra, reaksiyada katalitik samara yuzaga chiqishi uchun katalizatorning bir necha molekulalari o'zaro yoki tashuvchining bir necha molekulalari bilan albatta amorf mahsulotlari,

ya'ni ansambllar hosil qilishi lozim. Qattiq g'ovak katalizatorda barcha katalitik jarayonni besh mustaqil bosqich ko'rinishida tasavvur qilish mumkin. Ularning kechishi shartli ravishda quyidagicha ketma-ketlikda qabul qilinadi: 1. Reaksiyaga kirishuvchi moddalarning oqimdan, katalizator donachalarining tashqi yuzasiga va ichki g'ovaklariga diffuziyalanishi; 2. Katalizator yuzasiga, diffuziyalangan reagentlarining, oraliq, katalizator yuzasi birikmasini (reagent katalizator) hosil qilish bilan aktiv absorbsiyalanishi (xemosorb-siyalanishi); 3. Oraliq birikma, mahsulot — katalizator hosil qilish bilan atomlarning qayta guruhlanishi; 4. Katalizator yuzasidan mahsulotning desorbsiyalanishi; 5. 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 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 aktivligi) hisobga olgan holda umumiy tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$u = \frac{dG_m}{d\tau} = K_0 \cdot 1^{-\frac{E}{RT}} \cdot v\Delta C \cdot P_1^{\tau} \qquad (2.8)$$

Bunda, $dG_m/d\tau$ — vaqt birligida tayyor mahsulot miqdorining ortishi; K_0— Arrenius tenglamasidagi predeksponensial; l — natural logarifmning asosi; E — ayni katalizatorda aktivlanish energiyasi; R — gazning universal molar doimiysi; T — harorat; v — katalizatorning to'kib qo'yilganda egallagan hajmi; ΔC — atmosfera bosimida jarayonning harakatlantiruvchi kuchi; P_1 — o'lchamsiz bosim, ya'ni haqiqiy bosimning atmosfera bosimiga bo'lgan nisbati; n — reaksiya tartibi.

Kinetik sohada jarayonlar, aktivligi past, donachalari kichik, katta g'ovakli katalizatorlarda nisbatan past haroratda, reagentlar oqimi girdobli rejimda 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 koeffitsienti bilan aniqlanadi. Diffuziya sharoiti doimiy bo'lganda FIK qonuniga ko'ra

$$u = \frac{dG}{d\tau} = -D_c S \frac{dc}{dZ} \qquad (2.9)$$

Bunda: G — komponentning τ 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, qaysiki, u molekular va girdobli (yoki konvektiv) 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 I chuqurlikgacha diffuziyalanishi uchun zarur bo'lgan vaqtni quyidagicha topish mumkin.

$$\tau = \frac{I^2}{2D_c} \qquad (2.10)$$

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

$$D_k = \frac{2}{3} r \cdot \sqrt{\frac{8RT}{\pi m}} \qquad (2.11)$$

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 intiladi.

Ammo o'lchami kichraytirilganda katalizatorning harakatsiz qatlamining gidrovlik qarshiligi keskin ortadi. Jumladan, shunga mos holda gazni katalizator bilan aralashtirish uchun energiya sarfi ham ortadi. Shuning uchun ham harakat qilmay turuvchi katalizatorli reaktorlarda, 4—8 mm. li 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. Shunga qaramay moddaning katalitik xossasi uning ion tuzilishiga, kataliz jarayoni esa elektron yoki ion berish yoxud olishga bog'liq bo'ladi, deyish mumkin.

Kimyoviy texnologik jarayonlarni takomillashtirishning istiqbolli usullari. Kimyoviy texnologik jarayonlarni yangi shakllanish, ya'ni vujudga kelish bosqichda bo'lgan yangi usul va usullarni tatbiq etish yo'li bilangina takomillashtirish va jadallashtirish 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 va γ —nurlanish) va katta energiyaning zaryadlangan zarrachalaridir (tezlashgan elektronlar α va β zarrachalar, protonlar va boshqalar). Reaksiyaga kirishuvchi sistemaga ionlovchi nurlanishning ta'sir mexanizmi bu reaksiyaga kirishuvchi moddalarga energiya o'tkazishdan iboratdir. Bunda avval zaryadlangan zarrachalarning reagentlar molekulalari 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 molekulalar bilan birikib reaksiyaning oxirgi tayyor mahsuloti hosil bo'ladi.

Radiatsion-kimyoviy jarayonlar juda katta tezlikda boradi, chunki ularda aktivlanish energiyasi aktivlanmagan molekulalarning 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 polemerlash jarayonlarida hamda makromolekulalarni «tikish» yo'li bilan polimerlarni «termik» barqarorligi va mexanik mustahkamligini oshirishda qo'llaniladi. Kauchukni radiatsion vulqonlash 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 xilma -xil 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, oltingugurtni SO_2 va SO_3 gacha oksidlash va aksincha oltingugurtni

uning birikmalaridan qaytirib 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, oqova 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.

UCHINCHI QISM
MUHIM KIMYOVIY ISHLAB CHIQARISHLAR

I BOB. OLTINGUGURT ISHLAB CHIQARISH

1- §. Oltingugurtning xossalari, tarqalishi, ishlatilishi va olinishi

Xossalari va tarqalishi. Oltingugurt tabiatda keng tarqalgan. U Yer qobig'i massasining 0,5 % ini tashkil etadi. Dengiz va okean suvlarida $1200—10^6$ 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 = 2,07 g/sm^3. U kristall holda ikki xil - α va β allotropik shakl o'zgarishga ega, oltingugurt tabiatda erkin holda (tug'ma oltingugurt) hamda 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 kislota olish uchun, 25 % ga yaqini kalsiy bisulfit olish uchun (oltingugurt yoqiladi, olingan SO_2 gazi ohak bilan ta'sir ettirilib $Ca(HSO_3)_2$ ga aylantiriladi. Qaysiki, u yog'ochdan sulfit usulida selluloza ishlab chiqarishda ishlatiladi), qolgan qismi oltingugurtli bo'yoqlar, uglerod (IV)- sulfid, gugurt ishlab chiqarishda, kauchukni vulqonlashda, qishloq xo'jaligida fungitsid sifatida, tibbiyotda va boshqa sohalarda ishlatiladi.

Olinish usullari. Oltingugurt eramizdan ilgari II asrlardan boshlab vulqon jinsi (vulqon otilishi natijasida paydo bo'lgan 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_2 dan va kamroq xalkopirit — $CuFeS_2$ dan iborat) koks qo'shib qizdirish orqali olinadi. Bunda, pirit qizdirilganda parchalanadi:

$$2FeS_2=2FeS+S_2$$

FeS ning oksidlanishidan hosil bo'lgan SO_2 gazi esa koks bilan qaytarilib oltingugurt hosil qiladi.

Oltingugurt yana H_2S ni chala oksidlash yo'li bilan ham olinadi. Bu usulda oltingugurt olish Fransiya, Rossiya va O'zbekistonda keng tarqalgan.

2- §. Vodorod 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) vodorod sulfid gazi bo'ladi. Vodorod 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 vodorod 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. Bu zavod yiliga 500 ming t. oltingugurt ishlab chiqarmoqda. Vodorod sulfidli tabiiy gazlar maxsus qurilmalar yordamida mono- va dietanolamin bilan absorbsiyalab tozalanadi.

Gaz adsorbent eritmasi (18,25 % li) bilan to'qnashganda quyidagi kimyoviy reaksiyalar ketadi:

$2R_2NH+H_2S\rightarrow(R_2NH_2)_2S$

$(R_2NH_2)_2S+H_2S\rightarrow 2R_2NH_2HS$

$2R_2NH+H_2O+CO_2\rightarrow(R_2NH_2)_2CO_3$

$(R_2NH_2)_2CO_3+H_2O+CO_2\rightarrow 2R_2NH_2HCO_3$

Bunda, R, $-OH-CH_2-CH_2-$ guruhidir.

Absorbsiyalangan gazlar 120—125°C haroratda to'liq desorbsiyalab ajratib olinadi. Olingan H_2S dan oltingugurt ajratib olinadi. Vodorod sulfiddan oltingugurt olish jarayoni, H_2S ni havo kislorodi bilan chala oksidlashga Klaus usuliga asoslangan bo'lib, ikki bosqichdan termik va katalitik bosqichlardan iboratdir.

Termik bosqichdan H_2S yuqori haroratda yoqiladi, kattaliktik bosqichda esa H_2S chala oksidlanadi, bu reaksiyani umumiy holda quyidagicha yozish mumkin:

$$3H_2S+\frac{3}{2}O_2 \rightleftarrows 3H_2O+\frac{3}{n}S_n \qquad (1)$$

Bunda, n — oltingugurt atomlari soni, u reaksiya haroratiga bog'liq (2 tadan 8 tagacha). Bu reaksiya (1) ikki bosqichda boradi.

Birinchi bosqichda reaksiya pechiga kelgan H_2S ning uchdan bir qismi SO_2 gacha oksidlanishiga etadigan miqdorda havo bilan aralashtirib yoqiladi:

$$H_2S+\frac{3}{2}O_2 \rightleftarrows H_2O+SO_n+124000 \text{ kkal/kmol} \qquad (2)$$

Bir vaqtning o'zida oksidlanmay qolgan uchdan ikki qismi H_2S (2) reaksiyada hosil bo'lgan SO_2 bilan birikib oltingugurtga aylanadi:

$$2H_2S+SO_2 \rightleftarrows 2H_2O+\frac{3}{n}S_n+x \text{ kkal/k mol} \qquad (3)$$

Bunda, Xn-ning soniga qarab 11,25 dan 35 ming kkal/kmolgacha bo'ladi. Bu (3) reaksiyada S ning konversiyasi 55 % ga yaqin bo'ladi.

Ikkinchi bosqichda yuqoridagi reaksiyalar natijasida olingan gazlar aralashmasi kondensatorlarda sovutilib S kondensatlanib ajratib olinadi. Qolgan gazlar qizdiriladi 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'rilari orqali atmosferaga chiqarib yuboriladi.

Nordon gazlar tarkibida H_2S dan tashqari qo'shimcha sifatida SO_2 uglevodorodlar bo'ladi. Bu qo'shimchalar yoqish bo'lmasida quyidagi reaksiya bo'yicha mahsulotlar hosil qiladi:

$$CO_2+H_2S=COS+H_2O \quad (4)$$

$$CH_4+2S_2=2H_2S+CS_2 \quad (5)$$

Hosil bo'lgan uglerod sulfoksid va uglerod sulfidlar gidrolizga uchraydi.

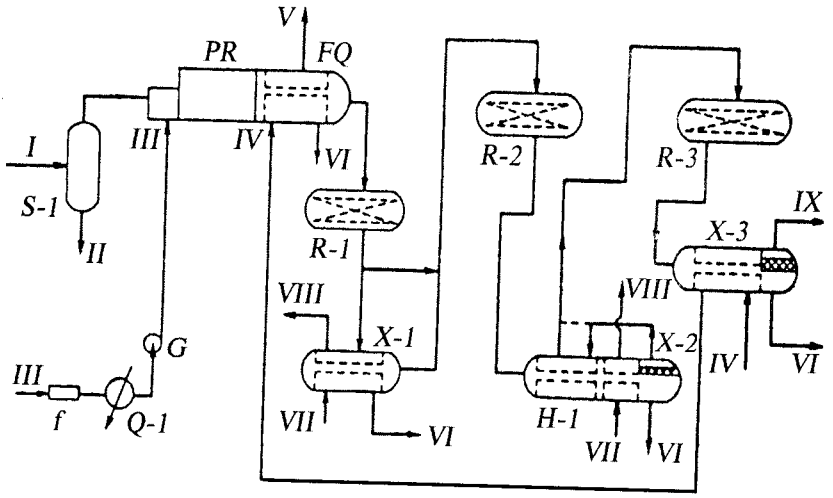
$$COS+H_2O=CO_2+H_2S \quad (6)$$

$$CS_2+2H_2O=2H_2S+CO_2 \quad (7)$$

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 SO_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 C -1 orqali o'tkaziladi. Nordon gazlardagi (H_2S: CO_2) vodorod sulfidning konsentratsiyasini nazorat qilish uchun gaz separatordan C -1 chiqayotgan joyda oqimli gazoanalizator o'rnatiladi.

Nordon gazlarning yonishini ta'minlash uchun yoqish bo'limiga nasos yordamida bosim bilan havo yuboriladi. Havo filtr va qizdirgich orqali 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.



54- rasm. Muborak gazni qayta ishlash zavodining (GQIZ) oltingugurt ishlab chiqarish qurilmasining sxemasi.

S-1 — kiritish separatori; PR —pech-reaktor; FQ — foydalanish qozoni; R-1, R-2, R-3 — reaktorlar; X-1, X-2, X-3 — kondensatorlar; *I* — issiqlik almashtirgich; Q-1 — qizdirgich; f — filtr; G — gazpurkagich; 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 — chiqib ketuvchi gazlar.

Havoning sarflanishini foydalanish qozonidan chiqayotganda nordon gazlar miqdori (H_2S:CO_2)ning nisbatiga bog'liq holda to'g'rilab turiladi. Gazlar pech-reaktordan o'tgach, yonish mahsulotlari foydalanish qozonining quvurlari majmuilaridan o'tib 500° C gacha soviydi. Bunda S bug'lari qisman kondensatlanadi. Olingan S maxsus eshikcha orqali apparatdan chiqarib olinadi.

Foydalanish qozonidan esa yuqori bosimli bug' ($\rho = 2{,}1$ MPa) olinadi. Foydalanish qozonidan chiqqan yonish mahsulotlari katalitik reaktor — konvertorga $R - 1$ o'tadi, u yerda COS, CS_2 lar gidrolizga uchraydi.

Konvertorda boradigan reaksiya ekzotermik bo'lganidan katalizator yuzasida harorat taxminan 30—60°C gacha ko'tariladi. Bu holat S ning 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 (sos va cs_2) parchalanishini ham ta'minlaydi.

Gazning asosiy qismi (90 % ga yaqini) reaktordan chiqib sovitish uchun kondensatorning $x - 1$ quvurlari oralig'iga o'tadi, so'ngra reaktorga $\rho - 2$ boradi. Kondensatorda $x - 1$ suv bug'lanishi natijasida issiqlik olinib turiladi va bunda past bosimli ($\rho = 0{,}4$ MPa) bug' olinadi. Gazlarning $x - 1$ da sovishidan oltingugurt kondensatlanadi. Suyuq oltingugurt maxsus eshikchadan chiqarib olinadi va gazsizlantirish bo'limiga yuboriladi.

Gazni bir qismi (10 % ga yaqini) kondensatorga $x - 1$ ga kirmasdan shu kondensatordan chiqqan ancha sovuq gaz bilan qo'shiladi. Aralashmaning harorati reaktorga $R - 1$ kirishdan oldin 225° C atrofida bo'ladi.

Reaktorlarda $R - 1$, $R - 2$, $R - 3$ haroratni to'g'rilash uchun (ishga tushirish davrida va oltingugurt yonib ketganda) ularga past bosimli bug' va azot yuborish mo'ljallangan. Apparatlar normal ishlanganda gazlar harorati $x - 2$ dan chiqqanda 191°C va R – 1 dan chiqqanda gazlar harorati 312°C bo'ladi. $x - 2$ apparatida issiqlik uning quvurlari oralig'ida suvning bug'lanib past bosimli bug' hosil bo'lishi hisobiga olinib turiladi. Gazlar reaktordan $x - 2$ ga, undan $R - 3$ va nihoyat $R - 3$ dan chiqgach, sovitish uchun $x - 3$ kondensatoriga boradi, u yerdan 130°C harorat bilan chiqib tozalashga yuboriladi.

Chiqib ketuvchi gazlarda H_2S, va SO_2 ning konsentratsiyasini nazorat qilish uchun $x - 3$ dan chiqish joyida gazoanalizatorlar o'rnatiladi. Chiqib ketuvchi gazlar bilan suyuq oltingugurtning 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 sulfidi saqlaydi. Oltingugurt gazsizlantirilgandan so'ng H_2S ning konsentratsiyasi unda 0,0001% gacha kamayadi.

Oltingugurtni gazsizlantirish (uning tarkibidagi erigan gazlarni chiqarib yuborish) maxsus blokda oltingugurtli usti yopiq chuqurda (xandaqda) amalga oshiriladi. Buning uchun oltingugurtli chuqurda suyuq oltingugurti sachratuvchi ikkita nasos o'rnatilgan bo'lib, nasos oltingugurtni purkab sachratadi. Natijada H_2S oson ajralib chiqadi va chuqurning tepasidan maxsus gaz chiquvchi quvur orqali mo'rilarga borib atmosferaga chiqib ketadi.

Klaus usulida oltingugurt ishlab chiqarilganda 8% gacha H_2S konversiyaga uchramay qoladi. Uni 20% li dietanolamin eritmasi orqali o'tkazib, qisman ushlab kalinadi, qolgan qismi murilarda yokib atmosferaga chiqarib yuboriladi. Bu esa atmosfera havosini bir muncha ifloslanishiga olib keladi.

Keyingi yillarda atmosferaga chiqarib yuyuoriladigan gazlar tarkibidagi H_2S ni ushlab qolishning samarali usullari kashf qilingan. Masalan, AQShda ishlab chiqarilgan «sulfoks-jarayon» usulini olaylik. Bu usulda H_2S, aylanib (sirkulyatsiyalanib) turuvchi ammiak eritmasi bilan ushlab qolinadi, hosil bo'lgan ammoniy gidrosulfidi qizdirilib, havo bilan aralashtirilib sulfidlarni oltingugurtga aylantiruvchi katalizator orqali o'tkazib turiladi.

$$NH_4HS + 0,5\ O_2 = S + H_2O + NH_3$$

Bu usul gazlar tarkibidagi H_2S miqdorini 100 dan to 0,1 mg/m^3 gacha kamaytiradi hamda chiqindi gazdan oltingugurt olish imkonini beradi. Bu usul Klaus usulidan 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.

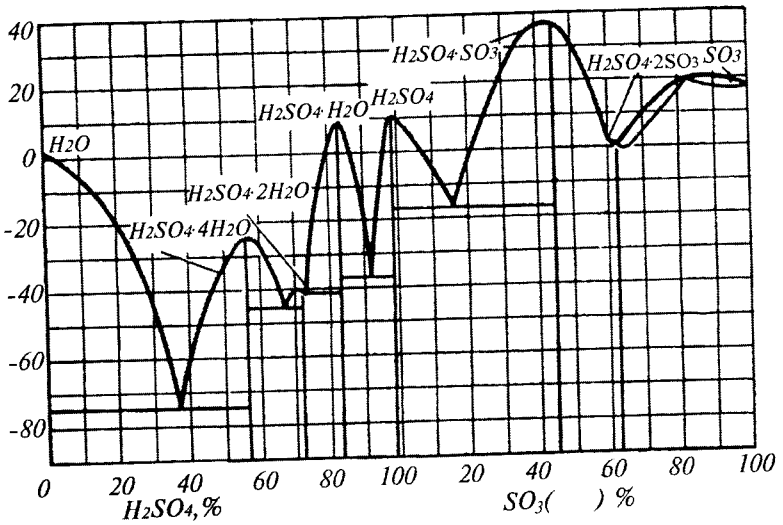
II BOB. SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISH

1- §. Xossalari, ishlab chiqarish usullari va ishlatilishi

Xossalari. Kimyoviy toza sulfat kislota (monogidrat) og'ir, moysimon, rangsiz, hidsiz, suyuqlik bo'lib 96% li (massa bo'yicha) zichligi 1,84 g/sm^3 , 104,6^0 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.($H_2SO_4 \cdot H_2O$, $H_2SO_4 \cdot 2H_2O, H_2SO_4 \cdot 4H_2O$) SO_3 ham sulfat kislotaning monogidratida n molekula erib, eritma-oleum hosil qiladi. Oleum havoda tutaydi, chunki undan SO_3 desorbsiyalanib turadi.

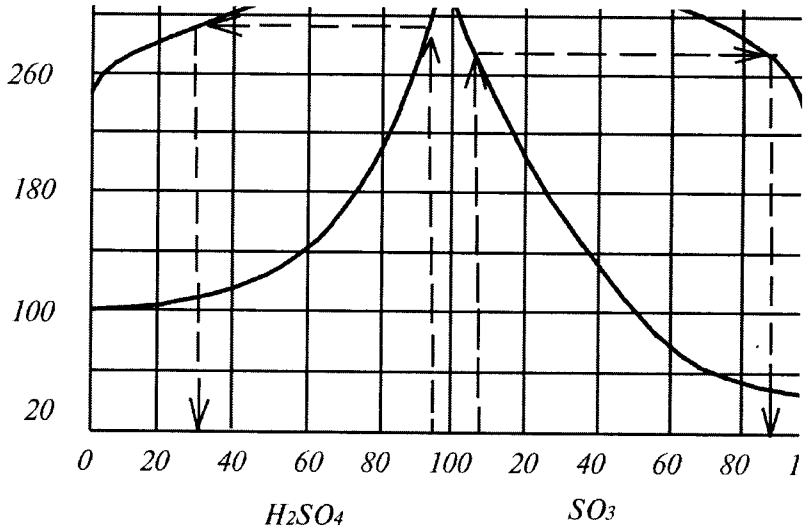
Sulfat kislotaning monogidrati olti xil konsentratsiyali gidratlar hosil qila oladi. Ular individual kimyoviy birikmalar bo'lib, qattiq holatlarda bir-birida erimaydi, balki evtektik aralashma hosil qiladi. Ularda SO_3 ning massa ulushi 0 %dan 64,35 % gacha bo'ladi. 64,35 % dan 100 % gacha SO_3 saqlasa bunday konsentratsiyali oleum, muzlaganda qattiq eritma hosil qiladi. (55- rasm).



55- rasm. H_2O–SO_3 sistemasining qaynash diagrammasi.

Shuning uchun ham qish paytida SO_3 ning konsentratsiyasiga yaqin konsentratsiyali kislota ishlab chiqarish mumkin emas, chunki bunday eritmadan kristall cho'kishi va kislota quvurlarini, omborlarini, nasoslarini, isitiladigan apparatlarni to'ldirib, to'sib qolishi mumkin. Ishlab chiqariladigan barcha kislota turlari evtektik aralashmaga yaqin bo'ladi. Sulfat kislotasining quyidagi turlari sanoatda ishlab chiqariladi: kuporos moyi va akkumulyator kislotasi 92—93 % li, oleum — 20,65 % li, minorali kislota 75 % li.

98,3 % li sulfat kislota azeotrop aralashma bo'lib, uning qaynash va bug'larning kondensatsiyalanish haroratlari bir xildir, ya'ni 336,8°C (56- rasmda suyultirilgan sulfat kislotasining va suvsiz SO_3 ni sulfat kislotada qaynash diagrammasi berilgan). Bu diagrammadan oltingugurt (VI) oksidini absorbsiyalashda — sulfat kislotaga aylantirishda suyultirilgan sulfat kislota eritmasini qizdirib konsentratsiyasini oshirishda foydalaniladi. Diagrammadan ko'rinib turibdiki, 85 % dan suyuq sulfat kislota 200°C gacha qizdirilganda deyarli 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.



56- rasm. Atmosfera bosimida H_2O—SO_3 sistemasining qaynash diagrammasi.

Harorat yana ham oshirib borilsa, sulfat kislota bug'lari SO_3 va H_2S ga, so'ngra esa SO_3 to SO_2 va O_2 gacha dissotsiallanadi. 400°C dan yuqori haroratda bug' tarkibida SO_3 ning miqdori ko'p bo'ladi. 700°C va esa SO_2 ning miqdori ko'payadi. 900°C dan yuqorida SO_3, to'liq SO_2 va 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 (SO_2, S, H_2S) tuz va suv hosil bo'ladi.

U suv bilan gidratlar hosil qilish xossasiga ega bo'lganligidan suvni shiddatli tortib oladigan 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 sellyuloza kabi moddalarni yemiradi. Ulardan suvni tortib olgach, qorayib uglerod qoladi. Suyuq kislotada esa sellyuloza 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

$$H_2SO_4+2FeSO_4 \cdot 7H_2O=Fe_2O_3+2H_2SO_4+SO_2+13H_2O$$

og'ir moysimon suyuqlik sulfat kislota kuporos moyi deb atalgan.

XV asrda kimyogarlar oltingugurt va selitra aralashmasini yoqib, sulfat kislota olish mumkinligini aniqlaganlar. Shu usulda 300 yildan ko'proq vaqt mobaynida sulfat kislota oz miqdorda shisha qolbalar 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 qo'yilgan suv yoki kislota eritmasida yutiladi. Keyinchalik selitra o'rniga nitrat kislota, kameralar o'rniga esa minoralardan (XX asrning boshlarida) foydalanilmoqda. Shuning uchun ham kamerali usulni nitrozali yoki minorali usul deb ataladi.

Nitrozali usulda katalizator rolini azot oksidlari o'ynaydi. Suyuq fazada nasadkali minorallarda oksidlanadi.

XIX asrning boshlarida SO_2 ni platina katalizatori ishtirokida 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 kislota olib bo'lmasligi, NO_2, SO_2, SO_3 kabi gazlarning atmosferaga chaqirib yuborilishi tufayli atmosferaning zaharlanishi kabi kamchiliklarni bu usulni kontakt usuli tomonidan siqib chiqarishiga sabab bo'ldi. Sobiq ittifoqda 1975- yillardan boshlab faqat kontakt usuli bilan sulfat kislota ishlab chiqarish bo'lmalari qurilmoqda. Hozirgi paytda ishlab chiqarayotgan sulfat kislotaning 95 % ga yaqini kontakt usulida ishlab chaqirilmoqda.

Sulfat kislota qanday usulda ishlab chiqarilishidan qat'i nazar birinchi bosqich oltingugurtli ashyolarni kuydirib SO_2 olishdir. So'ngra uni tozalab SO_3 gacha oksidlantiriladi va suvga yuttirib kislotaga aylantiriladi.

Ishlatilishi. Sulfat kislotaning aktivligi va nisbatan arzonligi uning qo'llanish sohalari juda kengayishiga olib keldi. Sulfat kislota yoki uning hosilalari qo'llanilmaydigan biror-bir sohani topish qiyin. Anorganik moddalar ichida eng ko'p ishlab chiqariladigani sulfat kislotadir.

Sulfat kislota 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, ftorid 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 kislota turli organik sintezlarda ishlatiladi. Undan etanol va boshqa spirtlar, ba'zi efirlar, sintetik yuvish vositalari, pestisidlar, bo'yoqlar, saxarin, plastmassalar olinadi. 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 akkumulyatorlar tayyorlashda gazlarni quritishda, kislotalarni konsentrlashda, nitrollash reaksiyalarida, portlovchi moddalar ishlab chiqarishda, ionitlarni regeneratsiyalashda va boshqa ko'pgina sohalarda ishlatiladi.

Sulfat kislota Rossiyada 1913- yilda 0,15 million tonna, ishlab chiqarilgan bo'lsa, 1990- yilga kelib 25 million tonnaga yetkazildi. O'zbekistonda sulfat kislota ishlab chiqarish Ikkinchi jahon 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 4 ta sulfat kislota ishlab chiqarish korxonalari: Chirchiq elektrokimyosanoat ishlab chiqarish birlashmasi, Samarqand (1954- yil), Oltintopgan (1965 yil) va Olmaliq (1980- yil) kimyo zavodlari ishlab turibdi. O'zbekiston sulfat kislotani ishlab chiqarish bo'yicha 1985- yildayoq jahonning yetakchi mamlakatlari safidan o'rin egallashga erishdi.

2- §. Oltingugurt (IV)– oksidini ishlab chiqarish

SO_2 — rangsiz, o'tkir hidli (yonayotgan oltingugurt hidini eslatadi) gaz. 100 % SO_2 atmosfera bosimida — 10,09°C da suyuq holga o'tadi. — 70°C da qotadi. Juda zaharli bo'lib, chegaraviy xavfli konsentratsiya miqdori 0,005 mg/m^3, ishlab chiqarish binolarida esa 10,0 mg/m^3 ga teng.

Xomashyo SO_2 olish uchun asosiy xomashyo kabi oltingugurtli moddalar va tarkibida S saqlovchi sanoat chiqindilaridir. Keyingi yillarda rangli metallurgiya sanoatining chiqindi gazlari tarkibidagi SO_2 ni olish keng quloch yoymoqda.

Pirit tarkibida nazariy jihatdan olganda 53,46 % oltingugurt saqlaydi. Tabiiy kolchedan har doim tarkibida begona arashlama sifatida mis, rux, nikel, kumush, qo'rg'oshin, mishyak, surmaning oltingugurtli birikmalari, turli sulfat va karbonatli tuzlar, kvars, silikatlar va boshqalar saqlaydi va o'z navbatida u shu metallarni olish uchun xom-ashyo hamdir. Rangli metallarning sulfidlarini ajratish uchun ruda maydalanadi va flotatsiyalanadi. Natijada rangli metall sulfidlarining konsentranti olinadi: qolgan qoldig'i asosan tarkibida 45—50% oltingugurt saqlovchi boyitilgan piritdan iborat bo'lib, SO_2 olish uchun yoqiladi.

Olingan rangli metall konsentratlari metallurgiya zavodlarida kuydirilib metallar ajratib olinadi. Bunda chiqindi gaz sifatida 3% gacha 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 t. mis olganda ajralib chiqqan SO_2 dan 10 t. dan ko'proq sulfat kislota olish mumkin. Buning uchun SO_2 ni konsentratsiyasini oshirish kerak bo'ladi. Hozircha ayrim rangli metallurgiya zavodlaridagina SO_2 konsentratsiyasini oshiruvchi qurilmalar o'rnatilgan xolos. Shuning uchun endilikda rangli metallurgiya zavodlarining chiqindi 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). SO_2 olish uchun eng yaxshi ashyo bu toza oltingugurtdir. U yoqilganda massa ulushi yuqori bo'lgan va zararli qo'shimchalari kam bo'lgan SO_2 olinadi. Ammo 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 absorbsiya-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. Qaysiki, 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.

Temir kolchedanini kuydirish. Kolchedanni kuydirish yuqori haroratli (1000°C gacha) geterogen (gaz-qattiq), qaytmas, katalizatorsiz (katalizator ishlatilmaydigan) va bir necha bosqichlarda boradigan jarayonga yaqqol misol bo'la oladi.

Kolchedan pechda 500°C gacha qizdirilganda parchalanish avval oltingugurt hosil bo'lish bilan boradi:

$$2FeS_2 = 2FeS + S_2$$

So'ngra oltingugurt bug'lari oksidlanadi:

$$2S + 2O_2 = 2SO_2$$

Qolgan g'ovak FeS_2 kislorod ta'sirida sekin oksidlanadi. Reaksiya yuqori haroratda boradi:

$$4FeS+7O_2=2Fe_2O_3+4SO_2$$

Kolchedanni kuydirish reaksiyasi tenglamasi umumiy holda shunday yoziladi:

$$4FeS_2 +11O_2=2Fe_2O_3+8SO_2+3400kJ$$

Haqiqatdan 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_2O_3, kam holda Fe_3O_4 hosil bo'ladi. FeS_2 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_2 bilan ajralib kuyundi hosil qiladi. 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_2 ning diffuziyalanish tezligi bilan aniqlanadi. Demak, kolchedanning kuyishi ichki diffuzion sohada kechadi. Bu jarayon tezligini, geterogen jarayon tenglamasi bilan ifodalash mumkin:

$$u = \frac{dG_{SO_2}}{d\tau} KF\Delta C \qquad (3.1)$$

Bunda, u — umumiy tezlik (reaksiya tezligi); G - SO_2 ning miqdori (mahsulot miqdori); K— jarayonning tezlik konstantasi, ΔC — jarayonning xarakterlantiruvchi kuchi, τ — vaqt, F— geterogen sistemasida reaksiyaga kirishuvchi fazalar yuzasi. Formuladan ma'lumki, oksidlanish jarayonini tezlashtirish uchun K, ΔC va F larni oshirish kerak.

Jarayonning tezlik konstantasi K ni, ya'ni moddalarda fazalarning bir-biriga o'tishi (masalan, gaz fazaning qattiq fazaga diffuziyalanib o'tishi: O_2 ning temir oksidi pardasiga diffuziyalanib kolchedanga kirishi va kolchedanda hosil bo'lgan SO_2 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 qoladi. 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 — ΔC 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 qavatda» kuydirish pechlari.

Mexanik pechlar (47- rasmga qarang)ning jadalligi 185 kg-m^3/ sutkaga teng (ya'ni 1 m^3 pech hajmida 1 sutkada 185 kg kolchedan kuydiriladi).

Hosil bo'lgan kuyundi gazlarning tarkibi 9 % SO_2, 9 % O_2, 82 % N_2 ga to'g'ri keladi. Kuyundining tarkibida esa o'rtacha 2 % S yonmay qoladi. Shuning uchun ham hozirgi kunda mexanik pechlar takomillashib qudratli pechlarga almashtirilgan. Faqat kam quvvatli sexlardagina mexanik pechlarni uchratish mumkin.

Changitib kuydirish pechlari. Changitib kuydirish pechlari (48-rasm) maydalab kukun holiga keltirilgan quruq kolchedanni havo oqimi bilan pech ichida changitib purkashga asoslangan bo'lib, mexanik pechlardan ko'ra ancha takomillashgan va ustun turadi. Bunda kolchedan kukuni siqilgan havo bilan pechning ostidan forsunka (suyuqlik yoki kukunsimon moddalarni havo bilan aralashtirib purkaydigan asbob) orqali pech ichiga purkaladi. Bunda har bir chang zarrachasi har tomondan havo bilan to'qnashadi va o'chib borayotgan paytda yonadi. Fazalar ta'sir sathi yuza to'qnashuvi ortadi. Natijada yonish jarayoni jadal tusga keladi, zarrachalarning bir-biriga yopishib qolish hollari keskin kamayadi. Shuning uchun ham bunda haroratning 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 shtuser (shtuser—sirti rezbali quvircha) orqali siqib, suv bug'i hosil qiluvchi qozon orqali o'tadi. Natijada gazning issiqligidan foydalaniladi.

Bunda olingan kuyundi gazi tarkibida 13% gacha SO_2 bo'ladi, kuyundi tarkibida esa 1—1,5 % S qoladi. Pechning jadalligi 700—1000 kg/m^3 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^3 chang bo'lgani holda, changitib kuydirish pechinning kuyindi gazida 100 g/m^3 chang bo'ladi. Mana shu kamchiliklar uchun bu pech keng tarqalmagan.

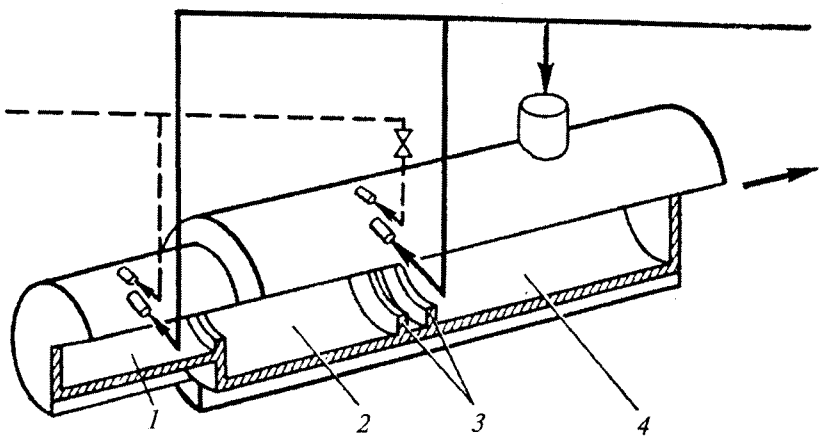
Qaynovchi qavatda kuydirish pechlari (49- rasm). Pechning jadalligi 1000—1800 kg/m^3 sutkaga teng. Kuyundi gazi tarkibida 15

% gacha SO_2 bo'ladi. Kuyundi tarkibida esa 0,5 S qoladi. Bu pech jadalligining kattaligi va kuyundi gazi tarkibida SO_2 ning massa ulushi ko'pligi hamda kolchedan tarkibidagi S ning to'liqroq yonishi kabi afzalliklari tufayli bu xil pechlar keng tarqaldi.

Oltingugurtni yoqish. 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 yoqilganda 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 (57- 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.



57- rasm. Oltingugurtni yoqish uchun ishlatiladigan siklon pechi.
1 — oltingugurtni berish uchun va havoni tangensial kiritish uchun forsunkali forkamera; 2,4 — yoqish bo'lmasi; 3 — gazni girdobli harakatga keltiruvchi halqalar.

Pech ichida bug'lanib havo yordamida yonadi. Forsunkali pechlarda oltingugurtning havo bilan aralashuvi diffuzsion 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 jadal ketadi. Shuning uchun ham siklonli pechlar o'z qulayliklari bilan forsunkali pechlarni oradan siqib chiqarmoqda.

3- §. Kontakt usuli bilan sulfat kislota ishlab chiqarish

Sulfat kislota ishlab chiqarish beshta bo'limni o'z ichiga oladi:

1. Pech bo'limi (bunda quruq SO_2 hosil bo'ladi).
2. Yuvish bo'limi (bunda SO_2 gazi ho'l usul bilan tarkibidagi qo'shimchalardan, ya'ni H_2SO_4 ning tomchilaridan, suv bug'laridan va kontakt zaharlaridan to'liq tozalanadi).
3. Kompressor bo'limi (bunda tozalangan gaz so'rib olinib, kontakt apparatiga yuboriladi).
4. Kontakt bo'limi (bunda SO_2 gazi katalizator bilan ta'sirlashib — to'qnashib SO_3 ga aylanadi).
5. Absorbsiya bo'limi (bunda SO_3 suvga yuttiriladi va H_2SO_4 ga aylantiriladi).

SO_2 *gazini tozalash.* Kolchedanni kuydirib olingan kuyundi gazlari tarkibida SO_2 (16 % gacha, odatda 7—9 %), O_2 (9—11 %), kuyundi changlari (200 g/m^3), qaynovchi qatlamda kuydirilganda kuyundi changlari asosan temir oksidi; ozroq temir sulfidi, mis sulfidi, As_2O_3 mishyak oksidi, SeO_2 selen oksidlarini 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 apparati jadvaliga qaralsin), so'ngra gaz issiqligidan bug' hosil qilish uchun (gaz issiqligi 400°C bo'ladi), bug' qozonlariga yuboriladi va harorati ancha pasaygach, quruq elektrofiltrlar orqali o'tkaziladi. Bu apparatlarning hammasi zavodning pech bo'limida joylashgan bo'ladi. Kuyundi gazlarning tarkibidagi qo'shimchalar siklon apparatidan o'tgach 20 g/m^3 qoladi. Qolgan changlar juda mayda bo'lib, ular elektrofiltrdan o'tgach 0,1 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°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 kompressori yordamida kontakt bo'limiga yuboriladi.

Oltingugurt (IV) oksidini kontakt usulida oksidlash. SO_2 ni SO_3 ga oksidlash sulfat kislota ishlab chiqarishning eng asosiy bosqichidir. Shuning uchun ham sulfat kislota ishlab chiqarishning bu usuli *kontakt usuli* deb ataladi. Kontakt bu to'qnashuv degan ma'noni anglatib, SO_2 gazning katalizatori 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 beradigan qaytar ekzotermik jarayonidir.

$$2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3 + 189\,\text{kj} \quad (500\ at)$$

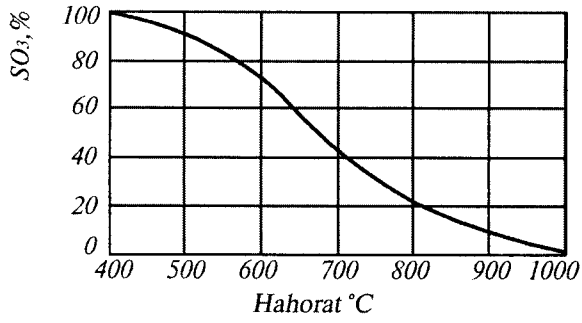
Shuning uchun ham Le-Shatele pirinsipiga muvofiq bu reaksiya muvozanat haroratning pasayishi va bosimning ortishi bilan SO_3 hosil bo'lishi tomon siljiydi. Ammo sulfat kislota ishlab chiqarishda yuqori bosim qo'llanilmaydi, chunki SO_2 va kislorodning konsetratsiyasi kuyundi gaz tarkibida 20% dan oshmaydi. Qolgan 80 % gaz azotdan iborat bo'lib, bunday aralashmaga yuqori bosim qo'llash bosimni hosil qilish xarajatlarini qoplaymaydi.

Atmosfera bosimida va 475°C haroratda SO_3 hosil bo'lishining gazlar aralashmasining % tarkibiga bog'liqligi quyidagicha bo'ladi:

SO_2 ning % miqdori	2	5	6	7	8	9	10
O_2 ning % miqdori	18,2	14,1	12,7	11,3	10,0	8,6	7,2
SO_2 ni SO_3 ga aylantirishning % miqdori	97,1	96,5	96,2	95,8	95,2	94,3	92,3

Bundan ko'rinib turibdiki 2 % SO_2 bo'lganda SO_3 ga aylanish darajasi eng yuqori 97,1 % bo'ladi, ammo bunda kontakt apparatining mahsuldorligi past bo'ladi. SO_2 ni miqdori orta borgan sayin SO_3 ga aylanish darajasi pasayib boradi.

Optimal gazlar aralashmasi quyidagicha bo'ladi: 7—8 % SO_2, 10—11 % O_2 va 82 % N_2. Shunday tarkibli aralashma 400°C haroratda 99,2 % unum beradi. Ammo bunday haroratda reaksiya tezligi va demak, mahsuldorlik juda past bo'ladi (58- rasmga qarang).



58- rasm. Tarkibida 7% SO_2 va 11 % O_2 saqlovchi SO_2 gazining 0,1 MPa bosimda oksidlanishining muvozanat darajasining haroratga bog'liqligi.

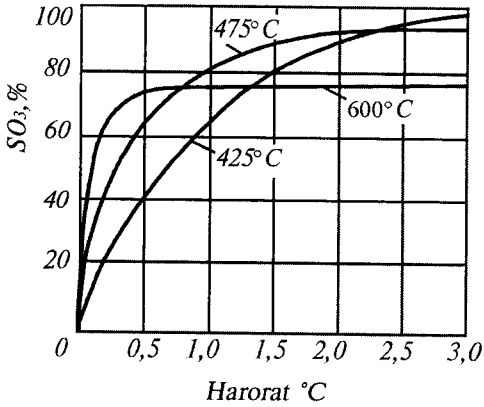
Shuning uchun ham hozirgi zamon vanadiyli kontakt massasida oksidlash bir necha bosqichda olib boriladi. Har bir bosqichda o'zining maqbul harorati aniqlanadi. Bu harorat birinchi bosqichdan (580—600°C) oxirgi bosqichga (450—400°C) tomon pasayib boradi.

SO_2 ni oksidlanish jarayoni eng avvalo qo'llaniladigan katalizatorning aktivligi bilan aniqlanadi. SO_2 ni oksidlanishiga minglab moddalar ta'sir etadi. Ammo sulfat kislota ishlab chiqarish sanoatida turli davrlarda faqat uchta katalizatordan foydalanilgan. Bular: 1) platina metali; 2) temir (III) oksidi; 3) vanadiy (V) oksidi.

Bulardan eng aktivi platinadir, ammo u juda qimmat turadi hamda oz miqdorda mishyak tasirida qaytmas bo'lib zaharlanadi. Temir (III) oksidi esa arzon, mishyak bilan zaharlanmaydi, ammo faqat 625°C dan yuqori haroratdagina katalitik aktivlik ko'rsatadi. Biroq bunday yuqori haroratda SO_2 ning SO_3 ga aylanishi 70 % dan ham kam, odatda 50—60 % bo'ladi. Shuning uchun ham u faqatgina taxminiy kontaklashdagina foydalanilgan. Vanadiyli katalizator platinadan ancha arzon va mishyak birikmalari bilan zaharlanish darajasi platinaga nisbatan bir necha ming marta kamdir. Shunga ko'ra MHD dagi barcha sulfat kislota ishlab chiqaradigan zavodlar faqat vanadiyli kontakt massasidan foydalanayotir.

Vanadiyli katalizator massasi 7% V_2O_5 dan va aktivlovchi (promotor)-ishqoriy metall oksidlaridan (ko'pincha K_2O qo'llaniladi) 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 xalqalar shaklida 5 mm, 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 katalizatorda ham vaqt o'tishi bilan SO_2 ni oksidlanish darajasi ortib boradi. Buni quyidagi grafikda (59- rasmga qarang) ko'rish mumkin. Grafikda ko'rinib turibdiki, harorat qanchalik yuqori bo'lsa, muvozanat shunchalik qisqa vaqtda qaror topadi. Demak, unum ham shunchalik kam bo'ladi.



59- rasm. Turli haroratda va 0,1 MPa bosimda SO_2 oksidlanish darajasining vadaniyli katalizator bilan to'qnashuv vaqtiga bog'liqligi. (SO_2—7%, O_2-11%, N_2—82%).

SO_2 ni SO_3 ga oksidlanishining kinetik(tezlik) tenglamasini G. K. Boreskov topgan. Bu tenglama quyidagicha ifodalanadi.

$$u = \frac{dC_{SO_2}}{d\tau} = K\Delta C = K_k \cdot C_{O_2} \frac{C_{SO_2}}{C_{SO_2} + 0,7 \cdot C_{SO_3}} \times \left[1 - \left(\frac{C_{SO_3}}{C_{SO_2} \cdot C_{O_2}^{0,5} \cdot K_p}\right)^2\right]$$

Bunda, u — reaksiyaga tezligi; K_k — reaksiyaning (katalitik) tezlik konstantasi (Bu tajriba yo'li bilan aniqlanadi.); $\frac{dc}{dt}$ — vaqt

birligida mahsulot miqdorining ortishi; S — konsentratsiya; ΔC — atmosfera bosimida jarayonning harakatlantiruvchi kuchi; K_r — muvozanat konstantasi.

Tenglamadan malumki, 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 apparatining va butun sistemaning mahsuldorligi ham ozayadi. Jarayonning ketishi bilan ham (ya'ni reaksiyaning borishi bilan)SO_2 ning konsentratsiyasi kamayadi SO_3 ning konsentratsiyasi esa oshadi. Bu holat ham reaksiya tezligini kamaytiradi. Bundan tashqari, haroratni oshirish gazlarda SO_3 ning muvozanat konsentratsiyasini kamaytiradi va tabiiyki, 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.

$$\lg K = C - \frac{B}{T} \qquad (3.2)$$

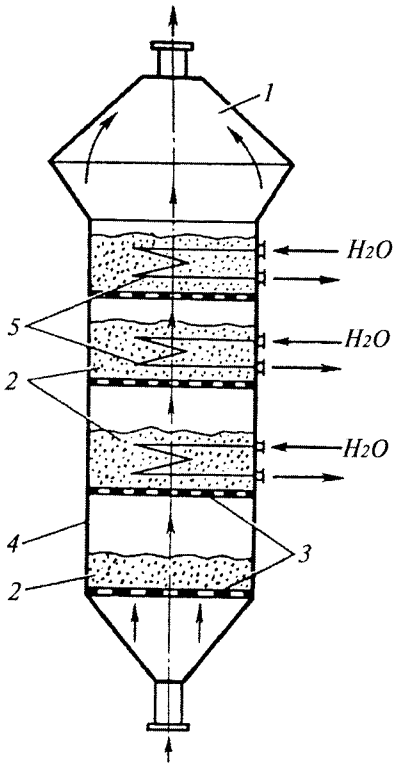
Bunda, K— reaksiyasining tezlik konstantasi; C va B— ayni reaksiya uchun xos konstantalar.

Shuning uchun ham reaksiyaning boshlanishida SO_2 ning oksidlanish darajasi pastligida haroratning ortishi bilan jarayonning tezligi ortadi. SO_3 ning unumi faktik unumga (maksimumga) yeta boshlagach, SO_3 ning konsentratsiyasi ortadi va u jarayon tezligiga salbiy ta'sir qila boshlaydi. Shuning uchun haroratni yanada oshirish jarayon tezligini kamaytiradi. Ayni sharoitda, bir vaqtda, gazning katalizator bilan to'qnashuvi optimal haroratda SO_3 ning maksimal hosil bo'lishini taminlaydi. Demak, kontakt apparatida jarayon tezligini

maksimumga yetkazish uchun reaksiyani yuqori haroratda (600°C ga yaqin) boshlab sekin pasaytira borish va 400°C da reaksiyani tugatish lozim.

Hozirgi zamon kontakt apparatlarining konstruksiyalari shu sharoitga juda yaqinlashtirilgan. Tarkibida SO_2 saqlovchi toza gazlar aralashmasi (reaksion aralashma) issiq almashtirgichlarda yonish haroratigacha (420—440°C) qizdiriladi, so'ngra apparatning birinchi qavatida reaksiya issiqligi bilan harorat 600°C gacha ko'tariladi. Ko'pincha tokchali kontakt apparatlari qo'llaniladi (36- 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 koeffitsientining pastligi va issiq almashtirgichlarga ko'p metall sarflanishi hamda katta hajmni egallashi sababli yangi tipdagi tokchali silindirsimon kontakt apparatlariga almashtirilgan. Bu apparatning korpusi silindrsimon bo'lib, diametri 12 m, balandligi 25 m, mahsuldorligi 1000 t/ sutka sulfat kislotaga teng (60- rasmga qarang).

Kontakt massasi har 4 yilda bir marta almashtiriladi. Kontakt massaning yuqori aktivligiga va unda maqbul haroratni saqlashga qaynovchi qavatli katalizatorli apparatlardan foydalanilgandagina erishish mumkin. Bunday apparatlarda qaynovchi katalizator qatlamining eng yuqori issiq o'tkazuvchanligi, istalgancha mayda



60- rasm. Qaynovchi qavatli katalizator bo'lgan kontakt apparati.
1 — changushlagich; 2 — kataliza-torning qaynovchi qavati; 3 — gaz taqsimlovchi panjara; 4 — apparat korpusi; 5 — suvli sovutgichlar (issiq almashtirgichlar).

zarrachali kontakt massasini qo'llash, istalgan harorat rejimi berish mumkinligi kabi eng muhim xossalaridan to'liq foydalanish mumkin bo'ladi. Diametri 4—5 mm, bo'lgan sharchali filtrlovchi turg'un (harakat qilmaydigan) katalizator qavatli apparatlar o'rniga qaynovchi katalizator qatlamli apparatlar (yedirilishga chidamli, diametri 0,75—1,5 mm, bo'lgan sharsimon katalizatorlar) qo'llanilmoqda. Natijada katalizatorning yuzasi kengayadi, reagentlar diffuziyasi ortadi va diffuziyalanish kinetik sohada boradi, demak, kontakt massasining mahsuldorligi ortadi.

Hozirgi zamon kontakt apparatlari asosan qaynovchi qatlamda ishlovchi apparatlar bo'lib, unda 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. SO_3 suv bilan quyidagicha reaksiyaga kirishadi:

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4 + 94\ kJ.$$

Bunda gaz fazada ozgina suv bug'lari bo'lsa, sulfat kislotaning barqaror tumani hosil bo'lib suvga, kislotaga hatto ishqorga ham qiyin yutiladi va amaliy jihatdan reaksiya to'xtaydi yoki juda sust ketadi. Shuning uchun ham absorbsiyaga keluvchi reaksion gaz aralashmasida suv bug'lari mutloqo bo'lmaydi. Yana SO_3 ni absorbsiyalovchi suv yuzasida suv bug'larining porsial bosimi ham minimal miqdorda kam bo'lishi zarur. Bunday talabga faqat 98,3 % li H_2SO_4 javob beradi xolos (56- rasmga qarang). Shunday kansentratsiyada SO_3 ning ham parsial bosimi eng kam hisoblanadi. Shunday konsentratsiyali kislota SO_3 ni to'liq (99% dan ham ko'proq) yutadi. Bunda shunday miqdor kislota beriladiki, unda bir marta 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 $H_2SO_4 \cdot nSO_3$ esa boshqa adsorberga olinadi. Bunda ham kislota konsentratsiyasi bir to'qnashuvda % ning ma'lum qismlarigina ortadi. Olinayotgan oleumning o'rnini qoplashi uchun adsorberga to'xtovsiz monogidrat aniqrog'i 98,5 % ni sulfat kislota solinib turiladi.

Texnologik sistemasi. Temir kolchedanini kuydirishdan olinadigan SO_2 dan sulfat kislota ishlab chiqarishning texnologik sxemasi 61- 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_3 va suv bug'lari kichkina tomchilar shaklida kondensatlanadi. Bu tomchilarda mishyak oksidi eriydi va sulfat kislota tumani hosil bo'ladi. Bu tuman 7,6 minoralarda qisman ushlanib qolinadi. Bu minoralarda yana chang qoldiqlari, selen va boshqa qo'shimchalar ham ushlab qolinadi.

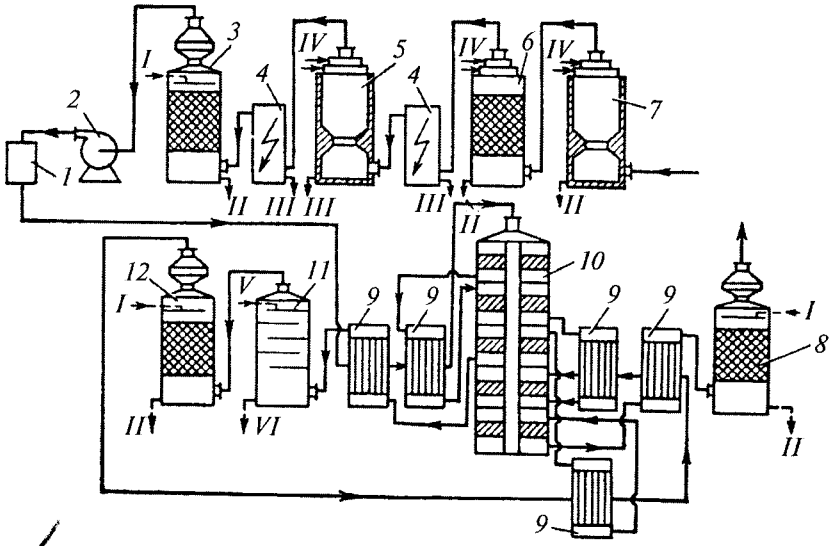
Bunda ifloslangan sulfat kislota hosil bo'ladi (u zavodda ishlab chiqarilgan kislotaning taxminan 5% i miqdoriga teng). Bu kislota nostandart mahsulot sifatida beriladi va kerakli joylarda ishlatiladi. Gazni (SO_2) sulfat kislota tumani va mishyakdan batamom tozalanadi. So'ngra sulfat kislotani to'liq ushlab qolish maqsadida (5) minora suv bilan ho'llanadi.

Gazni (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 apparatlar uglerodli oddiy po'latdan yasalib futerovkalanmaydi. Apparat va gaz o'tuvchi quvurlarning ko'pligi gaz harakatiga to'sqinlik qiladi. Shuning uchun quritgich bo'limidan keyin kompressor (2) o'rnatiladi. U kuyundi gazlarini pech bo'limidan tozalash va quritish sistemalari orqali surib olib, uni kontakt bo'limiga yuboradi. Kontakt bo'limi tokchali kontakt apparatini(10) va quvursimon issiq almashtirgichlarni (9) o'z ichiga oladi. Issiq almashtirgichlar harorat rejimini me'yorda ushlab turadi.

Sulfat kislota ishlab chiqarishning eski kam quvvatli sistemasida kontakt apparati ichidagi tokchalar oralig'ida turg'un issiq almashtirgichlar o'rnatilgan bo'ladi (36- rasmga qarang). Tokchalarda esa katalizator bo'ladi. Bunda gaz ketma-ket barcha katalizator qavatlardan va issiq almashtirgichlardan o'tadi, bu xil konstruksiya kichik o'lchamli, kam quvvatli apparatlar uchun rentabelli hisoblanadi. Ammo hozirgi zamon qudratli, diametri 10 m va undan

ham ortiqroq bo'lgan apparatlarda esa norentabelli bo'lib qoldi. Chunki katta diametrli apparatlarda, issiq almashtirgichlarda gaz oqimini bir tekisda borishini ta'minlash va uni buzilganda tuzatish qiyinchilik tug'dirdi. Shuning uchun ham olib quyiladigan bo'lak-bo'lak issiq almashtirgichlar o'rnatiladi.

Eski 5 tokchali kontakt apparatlarida SO_2 ning SO_3 ga aylanishi 98 % ni tashkil qilardi. Qolgan 2 % zaharli gaz — SO_2 atmosferaga chiqarib tashlanar edi. Bu esa atrof-muhitni zaharlar edi. Yirik zavodlarda esa bu juda xavfli (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 absorbsiyalash degan ma'noni anglatadi. 61- rasmdagi sxemada ko'rinib turibdiki, gaz (SO_2) kontakt apparatining uch qavat katalizatoridan o'tgach, oleum olish uchun birinchi absorbsiyaga oleumli adsorberga yuboriladi.



61- rasm. Kolchedanni kuydirib olingan gazdan (SO_2) sulfat kislota ishlab chiqarishning taxminiy IK/IA sxemasi.

1 — filtr; 2 — trubokompressor; 3 — nasadkali quritish minorasi; 4 — ho'l elektrofiltr; 5 — ho'llovchi minora; 6 — ikkinchi nasadkali yuvish minorasi; 7 —birinchi yuvish minorasi; 8 — ikkinchi nasadkali monogidratli absarber; 9 — quvurli issiqalmashgich; 10 — kontakt apparati; 11 — oleumli adsorber; 12 — birinchi monogidratli adsorber; I — sovutilgan kislota; II — sovutishga yuborilgan kislota; III — suyuq H_2SO_4; IV — sovutilgan suyuq H_2SO_4 yoki suv; V — sovutilgan oleum yoki monogidrat; VI — sovutishga yuborilgan oleum.

Bunda SO_3 ning absorbsiyalanishi tufayli $SO_2 = SO_3$ muvozanati buziladi va SO_2 ni oksidlanishini kuchaytiradi. Natijada keyingi ikki qavatdan o'tgach, 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.

SO_3 ning absorbsiyalanishi uchun esa past harorat kerak bo'ladi. Shuning uchun ham gaz oxirgi qavat katalizatordan o'tgach kontakt apparatidan chiqadi va avval issiq almashtirgichlardan, so'ngra havo sovitgichlardan o'tib adsorbentga borib kiradi. Absorberlar nasadkali minora bo'lib, ichi keramik halqalar bilan to'lg'azilgan bo'ladi. Bu minoralar tepasidan kislota sachratib sug'oriladi, pastdan yuqoriga qarab esa, qarama-qarshi oqim prinsipida SO_3 gazi ko'tariladi. Absorberdan absorbsiyalanmay qolgan chiqindi gaz (0,03 % SO_2 saqlaydi) atmosferaga chiqarib tashlanadi.

Hozirgi zamon kontakt apparatlarining quvvati — mahsuldorligi sutkasida 1500 t. H_2SO_4 ga tengdir. Bunday qudratli zavod juda yirik, to'xtovsiz ishlovchi, mexanizatsiyalashtirilgan, ko'p qismi avtomatlashtirilgan ishlab chiqarish korxonasidir.

Ishlab chiqarishni jadallashning eng muhim yo'llari quyidagilar: % miqdori yuqori bo'lgan konsentrlangan SO_2 olish, buning uchun kolchedan kuydirish jarayonidan boshlab toza kislorodni qo'llash. Yuqori bosim va aktiv katalizatoridan foydalanish, qaynovchi qavatli katalizatorli kontakt apparatiga to'liq o'tish va boshqalar. Intensivlashning barcha ko'rsatilgan bu usullari kelajakda qurilishi kerak bo'lgan yoki rekonstruksiyalanadigagan barcha korxonalarda qo'llaniladi.

Kelajakda sulfat kislota ishlab chiqarishning istiqbolli yo'li boshqa ishlab chiqarishlarning oltingugurtli chiqindilaridan xomashyo sifatida foydalanishdir. Yaqin kelajakda ancha miqdor sulfat kislotasi rangli metallurgiya korxonalarining oltingugurtli chiqindilaridan va elektrostansiyalarining yoqilg'i gazlaridan ajralib chiquvchi SO_2 dan ishlab chiqariladi. Bu tabiatni muhofaza qilishning muhim omilidir. Bu holat hukumatimizning atrof-muhitni muhofaza qilish haqidagi qarorlariga, g'amxo'rliklariga mos bo'lib tushadi.

III BOB. BIRIKKAN AZOT TEXNOLOGIYASI

1- §. Azot sanoatining xomashyo manbalari va ishlatilishi

Azot tabiatda erkin holda va birikmalar shaklida uchraydi. Azotning asosiy qismi atmosferada (massa bo'yicha 75,6 %) erkin holda bo'ladi. Birikmalar shaklida esa Yer po'stlog'ining 0,4 % ni (massa bo'yicha) azot tashkil etadi. U turli organik moddalar tarkibida, odam, hayvonlar va o'simliklar organizmida, qazilma boyliklar, ko'mir, neft, torf, slanest 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, asosiy ozuqa mahsuloti hisoblanadi. U oqsil tarkibiga kiradi. Organizmda muhim biokimyoviy jarayonlarda ishtirok etadi. Ammo odam va hayvonlar, o'simliklar, mikroorganizmlar tanasida oksidlar yoki boshqa organik moddalr (fermentlar, vitaminlar, garmonlar, nuklein kislotalar va boshqalar) sintezida elementar holdagi azot emas (u juda inert elementdir, uning dissotsialanish energiyasi 945 kJ/mol bo'lib, atomlari orasidagi bog'lar juda mustahkamdir. Taqqoslash uchun xlor molekulasining dissotsialanish 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 sohalarining 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 80 000 tonnaga tengdir.

2- §. Atmosfera azotini biriktirib olish usullari

Atmosfera azotini tabiatda faqat tugunak bakteriyalari (dukkakli o'simlmklar 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 kutish 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 (I904- yilda Frak va Karolar bu usulni kashf etishgan) yuqori haroratda ohakka ko'mir qo'shib maxsus pechlarda qizdiriladi. So'ngra hosil bo'lgan kalsiy karbid sianamidga aylanadi.

$$CaO + 3C \xrightarrow{1000^\circ C} CO + CaC_2$$

$$CaC_2 + N_2 \xrightarrow{900^\circ C} CaCN_2 + C + 301 \text{ kJ}$$

Kalsiy sianamid, sianamid – NH_2CN ning hosilasi bo'lib, kukunsimon kulrang modda (sianamidning tuzilishi quyidagicha $\overset{N}{\underset{N}{>}}N - C \equiv N$. Unga suv bug'i ta'sir ettirilganda osonlikcha parchalanib, ammiak va kalsiy karbonatga aylanadi.

$$Ca(CN)_2 + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3\uparrow + 75 \text{ kJ}$$

Shu usulga asoslangan birinchi ammiak zavodi 1905- yilda Italiyada qurilib ishga tushirildi. Uning mahsuldorligi 4 ming t/yilga teng bo'ladi. Bu usulda ishlab chiqarilgan ammiak qimmatga tushar edi. 1 t. sianamidga 12 000 kVt/s elektr energiyasi sarflanadi.

Elektr yoy (plazma) usuli (I905- yilda kashf etilran). Atmosfera azotini past haroratli plazmaga (2200 K dan yuqori odatda 10^3—10^5 K haroratda) to'g'ridan-to'g'ri kislorod bilan oksidlashga asoslangan (elektr uchqunida azot yonishini Kevendish 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 peaksiyalarida kuzatilada. Plazma usuliga asoslangan zavod I905- yilda shimoliy Amerikada qurilib ishga tushirildi. Bu usulda ko'p energiya sarflanadi (1 t. 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 harorat, bosim va katalizator ishtirokida boradi.

$$N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3 - \Delta H$$

Bu usulda olingan ammiakning tannarxi ancha arzonga 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 u 1920- yilda Nobel mukofotiga sazovor bo'ldi. Bu usulga asoslangan 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. Sobiq ittifoqda birinchi ammiak sintezi zavodi 1927- yilda qurilib ishga tushirilgan.

Hozirgi paytda ammiak ishlab chiqarish sohasi ancha rivojlangan. Shuningdek, (ammiak) atmosfera azotini biriktirib olishning mikrobiologik usuli kashf etilgan. Hech qanday yuqori haroratiz, bosim va katalizatorsiz labaratoriya sharoitida atmosfera azotini biriktirib olish mumkinligi aniqlandi. Kelajakda ushbu usul bilan juda arzon azot birikmalari ishlab chiqarish yo'lga qo'yiladi.

3- §. Ammiak sintezi uchun azot vodorotli 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_2, H_2, Ne, He, Kr, Xe lar uchraydi.

Havo avval katta bosimda siqilib sovitiladi, suyultiriladi, so'ngra suyuq havo tarkibidan komponentlarning qaynash haroratlarining har xilligidan foydalanib (Q.t: N_2 -195.8°, O_2-183°, Ar-185,7°C), rektifikatsiya minoralarida fraksiyalarga ajratilib toza holda N_2, O_2 va Ar olinadi.

Vodorod sanoatda turli yo'llar bilan olinadi: 1. Metan va uni gomologlarini konversiyasi. 2. Qattiq yoqilg'ini gazga aylantirganda hosil bo'lgan CO ni 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 ($mCO+nH_2$) 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 metanning suv bug'i yoki kislorod bilan oksidlanishiga asoslangan:

$$CH_4+H_2O \rightleftarrows CO+3H_2-206 \text{ kJ}$$
$$CH_4+0,5O_2 \rightleftarrows CO+2H_2+35 \text{ kJ}$$

Keyin hosil bo'lgan SO ni suv bug'i bilan konversiya qilinadi.

$$CO_4+H_2O \rightleftarrows CO_2+H_2+41 \text{ kJ}$$

Metanni suv bug'i bilan konversiyasi reaksiyasini umumiy xolda quyidagicha yozish mumkin:

$$CH_4+2H_2O \rightleftarrows CO_2+4H_2-166 \text{ kJ}$$

(endotermik reaksiya) metan va CO konversiyalari katalizatop ishtirokida (CH_4 uchun nikel,CO uchun temir, xrom, rux xrom misli katalizatorlar qo'llaniladi) boradi.

Rux xrom misli katalizator qo'llanganda SO 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 adsorbsion 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 absorbsiyasi; b) suyuq sorbentlar bilan absorbsiyalanish; v) chuqur sovitish bilan aralashtirmalarni kondensatsiyalash; g) katalik gidrogenlash va boshqalar; a) usul bilan begona qo'shimchalar kam bo'lganda (S saqlovchi birikmalarda) qo'llaniladi; b) usul CO_2 va CO lardan tozalashda ishlatiladi; v) usul qimmatga tushganligi uchun hozirgi paytlarda ammiak ishlab chiqarishda qo'llanilmaydi (azotning boshqa birikmalari sanoatida qo'llanilmokda); g) usul CO_2, CO va O_2 ning miqdori kam bo'lganda qo'llaniladi.

Konversiya gazini oltingurtli birikmalardan tozalash. Tabiiy gaz tarkibida turli S li birikmalar saqlaydi: H_2S, CS_2, COS merkaptanlar (asosan etil merkaptan C_2H_5SH 5—30 mg/m^3 gacha) va boshqalar. Barcha S birikmalarni 350—450°C haroratda kobalt-molibdenli katalizator ishtirokida H_2S gacha gidrogenlanadi:

$$CS_2 + 4H_2 = 2H_2S + CH_4$$
$$RSH + H_2 = H_2S + RH$$
$$COS + 4H_2 = H_2S + CH_4 + H_2O$$

Hosil bo'lgan H_2S qattiq yoki suyuq adsorbentlar yordamida absorbsiyalanadi. Qattiq adsorbent sifatida aktivlangan ko'mir, temir gidroksidi, rux oksidi va suyuq adsorbent sifatida: ammiakli suv etanolaminlar, mishyak sodali eritma, karbonatlar eritmalari va boshqalar ishlatiladi.

Konversiya gazini CO_2dan tozalash. Konversiya gazi tarkibida 17-30 % gacha CO_2 saqlaydi. Uni suyuq sorbentlar yordamida: suv, etanolamin, ishqor, eritmalari bilan tozalaydilar. CO_2 boshqa

qo'shimchalarga nisbatan bosim ostida sovuq suvda yaxshi eriydi. Mana shu xossasiga asoslanib CO_2 suv bilan yuttirib ajratib olinadi. Buning uchun ichi nasadkali minoralarda gaz, suv sachratish bilan (2—3 mPa bosimda) yuviladi. Minoradan oqib tushuvchi suv turbinani aylantiradi, qaysiki, 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.

Hatijada suvda erigan CO_2 va vodorod gazlari (80 % CO_2, 11 % N_2) desorbsiyalanib ajralib chiqadi. By gaz (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 yo'qotilishidadir. 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'llanilmokda. Bunda mono- va di- etanolaminning($HO-CH_2-CH_2-NH_2$ va $(HO-CH_2-CH_2)-NH$ larning 15 % li eritmasiga CO_2 yuttiriladi. $HO-CH_2-CH_2$ guruhni R bilan belgilab $R-NH_2$ va R_2-NH deb olamiz.

$$R_2NH_2 + H_2O + CO_2 \rightleftarrows (R_2NH_2)_2CO_3$$
$$(R_2NH_2)_2CO_3 + H_2O + CO_2 - 2R_2NH_2HCO_3$$

Yuttirish jarayoni 40—45°C da olib boriladi. Absorbsiyalanish natijasida hosil bo'lgan karbonat va gidrokarbanatlar 120°C da desorberda CO_2 ajratib parchalanadilar. Yuttiruvchi sifatida metanol, propilen karbonat, sulfolan kabi moddalar ham ishlatilishi mumkin ($C_3H_6CO_3$ — propilen karbonat, $C_4H_8SO_2$ — sulfolan).

Gazni CO dan tozalash. Mis ammiakli eritma bilan yuttirish, suyuq azot bilan yuvish, katalitik gidrogenlash kabi usullar bilan amalga oshiriladi.

Keng qo'llaniladigani suyuq azot bilan yuvish usulidir. Bunda gaz katalizator zaharlaridan (CO, H_2S), qisman CH_4 va aromatik uglevodorodlardan inert aralashmalardan tozalanadi. Bu qo'shimchalar hammasi suyuq azotning haroratidan ko'ra yuqori haroratda qaynaydi, shuning uchun kondensiyalanadi va suyuq azotda

eriydi. Yuvish kolonnasida shunday harorat saqlanadiki, bunda, $N_2 : H_2$ nisbati taxminan 3:1 bo'lib, vodorod gazi H_2 bilan to'yinadi.

Katalitik gidrogenlash (metanlash), CO va 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:

$$CO+3H_2=CH_4+H_2O;$$
$$CO_2+H_2=CH_4+2H_2O;$$
$$O_2+H_2=2H_2O.$$

Gazni CO dan tozalash is gazining (CO) mis-ammiakli eritmaga absorbsiyalanganda 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 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 eritmalari qo'llaniladi. Masalan, mis asetatining mis ammiakli eritmasiga CO ni absorbsiyalanish reaksiyasi quyidagicha boradi:

$$[Cu(NH_3)_2]^+ + CO + NH_3 \leftrightarrow [Cu(NH_3)_3CO]^+ (-\Delta H)$$

Reaksiya qaytar reaksiyadir. Absorbentni pereneratsiyalash uchun bosimni atmosfera bosimigacha kamaytirilib, 80°C gacha qizdiriladi.

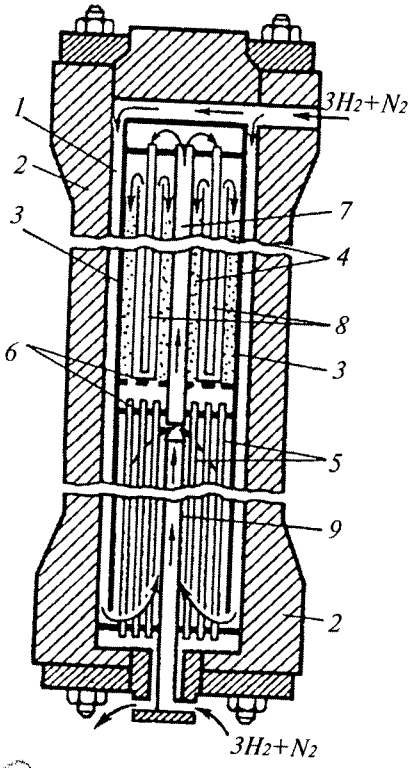
Tozalashning adsorbsion usulida konversiyalangan gaz tarkibida 1 % gacha (hajm bo'yicha) CO_2 va CO qoladi. So'ngra u faqat katalitik gidrogenlash yo'li bilan tozalanadi.

4- §. Ammiak sintezi

Ammiak sintezining nazariy asoslari. Ammiak sintezi reaksiyasi qaytar reaksiya bo'lib, issiqlik chiqishi bilan boradi.

$$N_2+2H_2 \rightleftarrows 2NH_3+106\ kJ$$

Kolonna korpusining ichida nasatka (ichki qurilma) bo'lib, u katalizator 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 izotemik jarayonda optimal harorat rejimini ta'minlay oladi. Shuning uchun 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 kalonasida harorat rejimi optimalga yaqin. Shuning uchun mahsuldorlik ham quvursimon kolonnalarga nisbatan tokchali, kolonnalarda anchagina yuqori bo'ladi. Harorat rejimini optimalga juda yaqinlashtirish uchun tokchali sintez kolonnasida katalizatorni muallaq turuvchi holda joylashtirish va oralig'iga sovitgichlar o'rnatish lozim.



63-rasm. O'rta bosimda ammiak sintezi kolonnasi.
1 — kolonna korpusi; 2 — ichki devor; 3 oralig'idagi aylanma bo'shliq; 4 — katalizator qutisi; 5 — issiqalmashgich; 6 — boshoqsimon panjara; 7 — markaziy quvur; 8 — ikkinchi issiqalmashgich; 9 — g140 qo'shimcha azot-vodordli aralashma berish uchun kuvur (baypas).

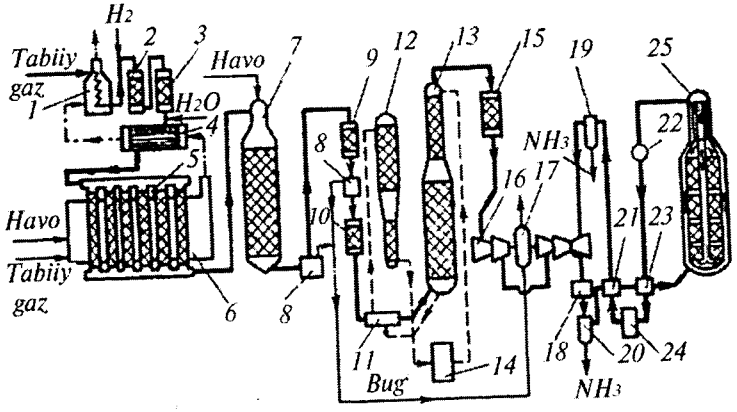
Muallaq turgan katalizator qavatida gazni katalizator bilan to'qnashuv, yuzasini ancha oshirish va katalizning harorat rejimini yaxshilash natijasida jarayonni ancha jadallash mumkin bo'ladi. Bunday prinsipda ishlovchi sintez kolonnalari tajribada sinab ko'rilmoqda.

Hozirgi vaqtda mahsuldorligi 150 dan to 150 t/sutkagacha bo'lgan ammiak sintezi kolonnalari qo'llaniladi. Mahsuldorlik 91 % gacha bo'ladi. Katalizatorlar har ikki yilda almashtiriladi.

1 t ammiak ishlab chiqarish uchun 2750–2900 nm^3 azot vodorotli aralashma: 300 m^3 suv, 1300–1500 kvt/s. elektr eyengichsi sarflanadi.

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. Shunday eng so'nggi fan yutuqlari asosida ishlovchi metan konversiyasi bilan birga ammiak sintezini qo'shib amalga oshiruvchi ammiak sintezi qurilmasining sxemasi 64- rasmda berilgan. Bunda havo bilan sovituvchi apparatlar keng qo'llanilgan, bu suv sarfini ham ancha kamaytiradi.



64- rasm. Ammiak ishlab chiqarish sxemasi.

1 — tabiiy gaz qizdirgichi; 2 — organik oltingugurtni gidrogenlash reaktori; 3 — vodorod sulfid adsorberi; 4 — issiqalmashgich; 5 — quvursimon pechmetan konvertori; 6 — yoqish pechi; 7 — shaxtali metan konvertori; 8 — bug' qozoni; 9 — CO gazining birinchi darajali konvertori; 10 — SO gazining ikkinchi darajali konvertori; 11 — issiq almashgich; 12 — SO_2 reaktori; 13 — CO adsorberi; 14, 24 — havo sovutgichi; 15 — metanator; 16 — gaz trubinali trubokompressor; 17 — bug' trubinasi; 18 — ammiak sovutgichi; 19 — birlamchi separator; 20 — ikkilamchi separator; 21 — sovuq issiqalmashgich; 22 — bug' qozonlarini qizdirgichi; 23 — issiq issiqalmashgich; 25 — sintez kolonnasi.

Bu esa hukumatimizning texnik maqsadlarda suv sarfini kamaytirish haqidagi qarorlariga amaliy javobdir. Bu zavodning quvvati 1500 t/sutkaga teng bo'lib: bunda, ikki bosqichli bug' havoli metan konversiyasi, CO ning yuqori va past haroratli konversiyasi, monoetalomin bilan CO_2 dan tozalash, CO va CO_2 dan katalitik gidrogenlash yo'li bilan batamom tozalash usullari qo'llaniladi.

Tabiiy gaz (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 konventoriga(7) yuboriladi. U yerda 900—1000°C da qolgan metan havo kislorodi bilan (bug' gazining nisbatan 0,8:1) konversiyaga uchraydi.

Shaxta konvertoridan gaz, bug' hosil qilish qozoniga yuboriladi. Bu qozonda yuqori haroratli bug' (10 MPa, 480°C) hosil bo'lib, u markazdan qochma kompressorlarning turbinasini harakatga keltirish uchun foydalaniladi. Gaz, bug' hosil qilish qozonidan uglerod (II) oksidining, ikki bosqichli konversiyasiga boradi. COning 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 konvertoridan chiqqan gazlar issiqligi gazni CO_2 dan tozalovchi adsorberdan chiqqan monoetanolamin eritmasini regeneratsiyalash uchun sarflanadi. So'ngra gaz CO_2 dan tozalanishi uchun sovuq monoetanolamin bilan sug'orilib turuvchi adsorberga boradi. U yerda 30—40°C da, gaz CO, CO_2 va O_2 dan tozalanadi. Absorberdan chiqgach gaz tarkibida 0,3% gacha CO, 30–40 sm^3/m^3 CO_2 saqlaydi. 280–350°C da nikel katalizatori ishtirokida metanotorda (15) gidrogenlanadi. Metanatordan 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 sirkulizatsiyalanishi 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 kolonnasiga (25) kiradi.

Reaksiyaga kirishgan gazlar sintez kollonasidan 320—380 haroratda chiqib avval ta'minot suvini qizdiruvchi apparatdan (22) keyin «issiq» issiq almashtirgichdan o'tib (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, bu yirik qudratli (to 3000 t/sutkagacha 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 ammofos va Farg'ona azotli o'g'itlar zavodlari har yili 1,5 mln.t. o'g'it ishlab chiqaradi.

5- §. Nitrat kislota ishlab chiqarish

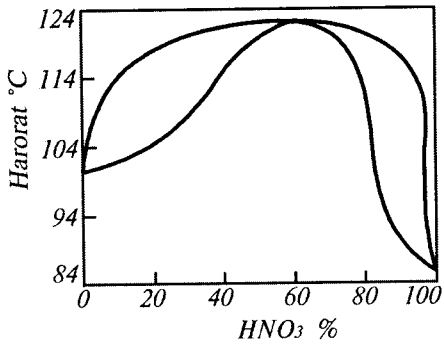
Xossalari. Kimyoviy toza, suvsiz 100 % li nitrat kislota-rangsiz suyuqlik, o'tkir hidli, zichligi 1,52 g/sm^3, +82,6^{0}C da qaynaydi, 41,6°C da muzlaydi. Suv bilan har qanday nisbatlarda aralasha oladi. Suyultirilganda issiqlik chiqishi gidratlar hosil bo'lishidan dalolat beradi ($HNO_3 \cdot H_2O$, $HNO_3 \cdot 2H_2O$).

68,4 %li nitrat kislotasi esa azeotrop aralashma bo'lib 121,9°C da qaynaydi (65- rasm), bunda u suv bilan birga qo'shilib haydaladi. Nitrat islota issiqlik va yorug'lik ta'sirida parchalanadi.

$4HNO_3 \rightarrow 2H_2O + 4NO_2 + O_2$.

Ajralib chiqqan azot (IV) - oksidi kislotada erib, uni qo'ng'ir yoki qizil (erigan 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 (U sovuq holda temirni passivlashtirishini M. Lomonov aniqlagan edi). 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.



65- rasm. Atmosfera bosimida nitrat kislotasi suvli eritmasi uchun harorat tarkibi (qaynash) diagrammasi.

Ko'pgina organik moddalar, shu jumladan odam va hayvon to'qimalari ham nitrat kislota ta'sirida emiriladi (masalan, bioqimyo kursida oqsillarning ksantoproyetein reaksiyasi) ba'zi birlari esa konsentrlangan nitrat kislotasi ta'sirida yonib ketishi mumkin. Nitrat kislota va uning oksidlari (NO va NO_2) o'ta zaharli bo'lib, atmosferada uning chegaraviy havfli konsentratsiyasi 0,1 mg/m^3 ga tengdir.

Ishlatilishi. Nitrat kislotasi ahamiyati va ishlatish sohasining kengligi bo'yicha boshqa anorganik kislotalar orsida faqat sulfat kislotadan keyingi ikkinchi o'rinda turadi. Juda ko'p sohalarda ishlatiladi. Dunyoda ishlab chiqariladigan nitrat kislotaning 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 ko'porosi yoki qo'sh tuzlar-achchiq toshlar bilan aralashtirib qizdirish yo'li bilan olingan. XVIII asrning oxirlarida XX asrning 20- yillarigacha nitrat kislota faqat tabiiy selitradan konsentrlangan sulfat kislota ta'sir ettirib olingan.

$$NaNO_3+H_2SO_4=HNO_3+NaHSO_4$$

Nitrat kislotaning azot oksidlaridan olish mumkinligi ilgari vaqtlardan buyon ma'lum.

$$NO \xrightarrow{O_2} NO_2 \xrightarrow{H_2O} HNO_3$$

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 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 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 Ostvol'd usuli bo'yicha birinchi tajriba zavodi qurildi. Keyinchalik Yevropaning ko'pgina mamlakatlarida (Bel'giya, Angiliya) ham yuqoridagidek zavodlar qurila boshlandi. Ammo bu zavodlarning mahsuldorligi past edi (masalan, Germaniyadagi zavod yiliga 1800 t. kuchsiz nitrat kislota ishlab chiqarardi xolos).

1914—1916- yillarda injener I.I.Andreyev ammiakning oksidlanishga turli omillarining ta'sirini o'rganib, bu jarayonni ancha takkomillashtirdi.

I.Andreyev loyihasi asosida Rossiyada birinchi nitrat ishlab chiqarish zavodi 1917- yilda Yuzovka hozirgi Donetskiy shahrida qurildi. Unda ko'mirni kokslashda olinadigan ammiakni ajratib olish va tozalashning yangi usuli qo'llaniladi. Kontakt apparatining keng yuzali konstruksiyasi va platina-iridiyli katalizatordan 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 soha-dagi ishlari dunyoda nitrat kislota ishlab chiqarish taraqqiyotiga katta hissa bo'lib qo'shildi.

Sanoatda nitrat kislotaning quyidagi turlari ishlab chiqariladi. 1. Kuchsiz yoki suyuq holda: 1- nav - 56 %li, 2- nav - 47 % li, 3- nav - 45 % li. 2. Konsentrlangan: 1- nav -98 % li, 2- nav - 97 % li. 3. Melanj (fransuzcha so'z bo'lib, aralashma ma'nosini anglatadi) 89 % nitrat kislota, 7,5 % sulfat kislotadan iborat.

Nitrat kislota ishlab chiqarishning nazariy asoslari. Ammiakdan nitrat kislota 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)- oksidi va azot qo'sh oksidini suv bilan absorbsiyalash bosqichlari.

1. Havo kislorodi bilan ammiakni oksidlash. Ammiak katalizator ishtirokida oksidlanganda sharoitga qarab reaksiyalar quyidagicha boradi:

$$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O + 907\ kJ \quad (a)$$

$$4NH_3 + 4O_2 = 2N_2O + 6H_2O + 1105\ kj \quad (b)$$

$$4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O + 1269\ kJ \quad (d)$$

$$4NH_3 + 6NO = 5N_2 + 6H_2O + 1810\ kJ \quad (e)$$

(a) reaksiya asosiy, qolganlari qo'shimcha reaksiyalar bo'lib, hammasi ham qaytmas reaksiyalardir. Shuning uchun ham, jarayonning yo'nalishi reaksiyalar tezliklarining nisbatlariga bog'liq bo'ladi. Agar katalizator bo'lmasa, yuqori haroratda (900°C dan yuqori) ammiak yonib, erkin azot va suvga aylanadi (d-reaksiya bo'yicha). Platina katalizatori yuzaisda 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, rodiylar bilan

qotishmasidir. Ular asosiy reaksiyani (a) tezlashtirib, qo'shimcha reaksiyalarga (b,d,e) ta'sir etmaydi. Shunday katalizator maqbul sharoitda ammiakni kislorod bilan NO gacha oksidlanish darajasini amalda 98 % ga yetkaziladi. Ammiakning palatinali katalizatorlarda oksidlanish reaksiyasi hozirgacha ma'lum bo'lgan reaksiyalar orasida eng tez reaksiyasidir (0,0001 dan 0,0002 soniya). Agar gaz shundan ko'proq katalizator bilan kontaktda bo'lsa, ammiak yonadi yoki qo'shimcha reaksiyalar ketadi, NO ni miqdori keskin kamayadi.

Platinali katalizator diametri 0,06-0,09 mm gacha bo'lgan ingichka simlardan to'qilgan to'r shaklida (1 sm 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.

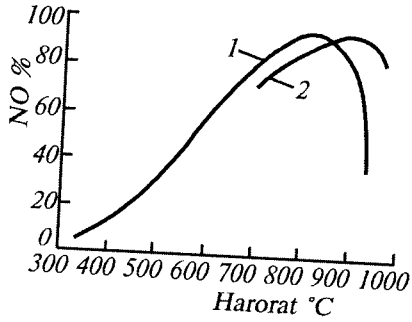
Ish jarayonida katalizator simlari sekin asta yemirilib, mayda zarrachalar shaklida gaz oqimi bilan olib ketiladi. 800°C harorat va 0,1 MPa bosimda ishlovchi qurilmalarda 1 t nitrat kislota ishlab chiqarilganda platinali katalizatorlardan 0,04—0,06 yo'qotiladi. Harorat va bosimning ortishi bilan katalizatorning yo'qotish ham ortadi. Masalan, 8 MPa bosim va 900°C haroratda ishlovchi qurilmalarda 1 t HNO_3 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 taqazo etadi.

Hozirgi paytda platina metallari bilan bir qatorda, temir yoki vismut oksidlariga, xrom, marganets, vismut kabi metallarni qo'shib tayyorlangan katalizatordan keng foydalanilmoqda. Ularning aktivligi va selektivligi ancha kam albatta. Katalizator massasining taxminan 30 % i yo'qotilgach, u qayta suyuqlantirilib boshqatdan katalizator qotishmasiga aylantiriladi. Platina-rodiy-palladiyli qotishmadan tayyor bo'lgan katalizator turi 0,1 MPa bosimda ishlovchi qurilmada taxminan bir yilda bir marta almashtiriladi. Oksidlash jarayonining umumiy tezligi, apparat konstruksiyasi va texnologik rejimga qarab, platina katalizatorining yuzasiga gaz oqimining ammiakning qanday diffuziyalanganlig bilan aniqlanadi.

Bundan tashqari platinaga absorbsiyalangan ammiak va kislorodning o'zaro ta'siriga ham ozroq bog'liq bo'ladi. Platina yuzasiga

adsobsiyalangan kislorod molekulasi atomlarga ajraladi, atomar kislorod, pratonga 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 absorbsiyalanishi 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 NO_3 ga aylanish darajasiga ta'siri 66- rasmda ko'rsatilgan 0,1 MPa platina katalizatorida harorat oshirilib 800°C ga etganda reaksiya tezligi oshish natijasida NO ning unumi ortadi. Yuqori bosimda (0,8 MPa) ishlovchi sitemada esa optimal harorat 900°C bo'lishi rasmdan ko'rinib turibdi. Harorat bundan oshirilsa, NO ni unumi kamayadi.



66- rasm. 1—0,1 MPa; 2—0,8 MPa bosimda NO unumining haroratga bog'liqligi.

Platinali katalizatorlar, zaharli, ammiak-havo aralashmasi tarkibidagi begona aralashmalar ta'siriga juda sezgir bo'ladi. Ayniqsa, kontakt apparatiga keluvchi gazlar aralashmasi tarkibida vodorod fosfidi-pH_3 bo'lsa, uning 0,00001 % ham platinali katalizatorni qaytmas qilib zaharlay oladi. Oltingugurt birikmalari ham kuchli zaharlaydi, ammo qaytar holda zaharlanadi. Yana oz miqdordagi surkov moy bug'lari, turli chang zarralari (ayniqsa, temir va uni oksidlari) ham katalizator aktivligini keskin kamaytiradi.

Shuning uchun ammiak va havo kontakt apparatiga kirishdan oldin begona aralashmalaridan yaxshilab tozalanadi. Har qancha tozalanmasin, baribir, ozmiqdorda bo'lsa hamki, begona qo'shimchalar

kontakt apparatiga 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-ammiak aralashmasi tarkibida 1 mol NH_3 ga, 1,25 mol O_2 to'g'ri kelishi kerak. Amalda esa NO ni unumini oshirish va ammiakni oksidlanish reaksiyasini tezlashtirish uchun kislorod miqdorini 1,3—1,5 marta ko'p olindi, ya'ni 10—12 % NH_3, 18—19 % O_2 va 70—72 % N_2 (hajmiy nisbatda) olinadi. Oksidlangandan keyin nitroza gazlari, tarkibida 9—10 % NO va 5—6 % O_2 saqlaydi.

Azot (II)- oksidini azot (IV)- oksidigacha oksidlash va azot (IV)- oksidini dimerlash. Azot (II)- oksidining azot (IV)- oksidiga aylanish reaksiyasi, kinetik hududda boruvchi nokatalitik, gomogen reaksiyadir. Nitrat kislota ishlab chiqarishda eng sekin boruvchi bosqich NO ni NO_2 ga oksidlanishi reaksiyasidir. Mana shu reaksiya ishlab chiqarish jarayonining umumiy tezligini belgilaydi. Bu reaksiya nitrat kislota ishlab chiqarishning ikkinchi bosqichi bo'lib, qo'yidagi tenglama bo'yicha boradi.

$$2NO+O_2 \rightleftarrows 2NO_2+112,3 \text{ kJ}$$

Bu reaksiya 150°C dan past haroratda, amalda to'liq hosil bo'lishi tomonga yo'naladi. Agar haroratga oshirilsa, muvozanat chapga, ya'ni NO_2 ni parchalanib, NO va O_2 hosil bo'lish tomon siljiydi. 800°C da NO_2 ning hosil bo'lishi umuman to'xtaydi. Barcha bir bosqichli reaksiyalarda haroratning ortishi reaksiya tezligini keskin oshiradi, ammo NO ning 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.

$$2\,NO \rightleftarrows (NO)_2-\Delta N;$$

$$O_2+(NO)_2 \rightleftarrows 2\,NO_2-\Delta N$$

Dimerning $(NO)_2$ hosil bo'lishi issiqlik chiqishi bilan boruvchi qaytar jarayondir. Demak, haroratning oshishi bu reaksiyada muvozanatni chapga NO_2 ni parchalanishi tomonga siljiydi.

Demak, haroratning ortishi bilan NO ni oksidlanish reaksiyasi tezligining kamayishiga sabab, harorat ortgan sayin konsenratsiyasining kamayishidandir. Binobarin, bosimning ortishi va haroratning pasayishi NO ni oksidlash reaksiyasini tezlashtiradi. Azot (IV)-oksidi assosmatsiyalanib demirlanish xossasiga ega.

$$2NO_2 \rightleftarrows N_2O_4 + 57\ kJ$$

Haroratning pasayishi bilan dimirlanish darajasi ortadi; atmosfera bosimida 0°C haroratda NO_2 ni assosiatsiyalanishi 71 % ga teng, — 15°Cda esa 92 % ga yaqin, 150°C da N_2O_4 umuman bo'lmaydi, to'liq NO_2 ga parchalanadi. Reaksiya hajmining kamayishi bilan borganligi uchun ham bosimning ortishi N_2O_4ning 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.

$$NO + NO_2 \rightleftarrows N_2O_3 + 40{,}2\ kJ$$

Ammo azot (III)- oksidining amaldagi miqdori kam bo'ladi. Oksidlarning oksidlanish va assosiatsiyalanish reaksiyalari tufayli nitroza gazlarining aralashmasi hosil bo'ladi. Qaysiki, uning tarkibida azot va kisloroddan (havo bilan kirgan) tashqari NO, NO_2, N_2O_4 va H_2O mavjud bo'ladi. Bu oksidlar konsentratsiyalarning nisbatlari sharoitga qarab keskin o'zgarib turadi, ammo asosiy komponent NO_2 va N_2O_4 larning o'zidir.

Azot (IV)- oksidi va azot qo'sh oksidini suv bilan absorbsiyalash jarayonnning uchinchi va oxirgi bosqichi hisoblanadi. Azot (IV)-oksidi va N_2O_4 suv bilan quyidagi tenglama bo'yicha ta'sir etadi.

$$2\ NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_3 + HNO_2 + 116\ kJ$$

$$N_2O_4 + H_2O \rightarrow HNO_3 + HNO_2 + 59\ kJ$$

Hosil bo'lgan nitrit kislotasi beqaror bo'lganligi uchun o'z-o'zini oksidlash va o'z-o'zini qaytarish reaksiyalariga kirishadi.

$$3H\ NO_2 = H\ NO_3 + 2\ NO + H_2O - 75{,}8\ kJ$$

Umumiy holda NO_2 va N_2O_4 ning absorbsiyalanish reaksiyasi bunday yoziladi:

$$3\ NO_2+H_2O \rightleftarrows 2HNO_3+ NO+136\ kJ$$

$$3\ N_2O_4+2H_2O \rightleftarrows 4HNO_3+ 2NO+101\ kJ$$

N_2O_3 suv bilan birikib faqat nitrit kislotasiga aylanadi. NO va N_2O lar amalda suvda erimaydi, betaraf oksidlardir.

Bu ekzotermik reaksiyalar hajmning kamayishi bilan bog'liq boradi. Demak, bosimni oshirish muvozanatni nitrat kislota hosil bo'lish tomonga (o'nga), haroratni oshirish esa uni parchalanishi tomonga (chapga) siljitadi.

Muvozanat, bu reaksyada hosil bo'lgan kislotalarning konsentratsiyasiga ham bog'liqdir. Kislatalar konsentratsiyasining ortishi ham o'ng tomonga ketuvchi reaksiya tezligini kamaytiradi. Atmosfera bosimi va oddiy haroratda hosil bo'lgan nitrat kislota eritmasining konsentratsiyasi 50 % ga yetgach sistemada muvozanat qaror topadi. Shuning uchun ham oddiy sharoitda massa ulushi 47—50 %dan ortiq konsentratsiyali kislota olib bo'lmaydi.

Konsentrlangan (98 % li) nitrat kislotani, suyuq N_2O_4 ni 60-80°C harorat va 2MPa bosimda, toza kislorod ishtirokida suv bilan ta'sir ettirib olish ham mumkin.

$$3\ NO_2+2H_2O \rightleftarrows 4HNO_3+ 2NO$$

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_2 qisman N_2O_4 ga aylanadi. uchinchidan haroratning oshirilganligi NO_2ni suv bilan o'z 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.

$$N_2O_4 \rightleftarrows 2H_2O \rightleftarrows 4HNO_3+2\ NO$$

$$2NO+O_2 \rightleftarrows (NO)_2 \rightleftarrows N_2O_4$$

Bitta tenglama bilan ifodalaydigan bo'lsak, quyidagicha yoziladi:

$$2N_2O_4+2N_2O+O_2 \rightleftarrows 4HNO_3 + 78{,}6\ kJ$$

Reaksiya uchun olingan suvning hammasi birikkanligi uchun yuqori konsentratsiyali kislota hosil bo'ladi. Ortiqcha NO_2 va N_2O_4 lar suv tugagach kislotada erib, nitrooleum hosil qiladi. Bosim qanchalik yuqori bo'lib harorat past bo'lsa NO_2 va N_2O_4 lar kislotada shunchalik tez eriydi. —10°C da 98 % li nitrat kislota 30 %li nitroleum hosil qilishi mumkin.

Suyuq nitrat kislota ishlab chiqarishning texnologik sxema. Nitrat kislota 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.

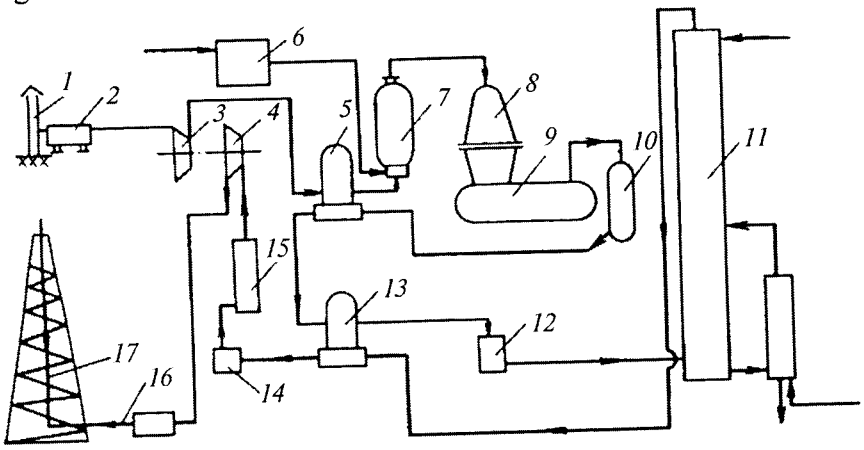
Binobarin bunda, ammiakni oksidlash pastroq bosimda 0,3—0,4 MPa, azot oksidlarini azot kislotasiga aylantirish, yuqoririq bosimda (0,8—1,2 MPa) olib boriladi.

Atmosfera bosimida ishlovchi qurilmalarda mahsuldorlikning pastligi NO ni oksidlanishi va NO_2 ni absorbsiyasi jadalligining pastligi, katta hajmdagi absorbsiya qurilmalari talab qilinishi, atmosferaga chiqib ketuvchi gazlarni azot oksidlaridan tozalash uchun ko'p ishqor sarflanishi kabi kamchiliklari tufayli hozirgi vaqtda bu tipdagi qurilmalar ishlatilmaydi.

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.

Yuqori bosimda ishlovchi qurilmada suyuq nitrat kislota ishlab chiqarish. Atmosfera havosi tozalash apparatidan (67- 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 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 aralashadi.



67- rasm. 0,73 MPa bosimda kuchsiz(suyuq) nitrat kislota ishlab chiqarishning taxminiy sxemasi.

1 — havo so'rish quvuri; 2 — havoni tozalovchi apparat; 3 — gaz kompressori; 4 — gaz turbinasi; 5 — havo qizdirgich; 6 — ammiakni tayyorlash apparati; 7 — filtrli aralashtirgich; 8 — kontakt apparati; 9, 16 — tilizatsiya(foydalanish) qozoni; 10 — filtrli oksidlovchi; 11 — absorbsiya kolonnasi; 12 — kondensator-sovutgich; 13 — chiqib ketuvchi gazlarni qizdirgichi; 14 — yoqish bo'lmasi; 15 — katalitik tozalash reaktori; 17 — mo'ri quvuri.

Ammiak havo aralashmasi aralashtirgichdan kontakt apparatiga (8) boradi, u yerda 890—900°C haroratda platinali katalizotor to'ri yuzasida ammiak oksidlanadi. Hosil bo'lgan tarkibda 9—9,6 % NO saqlovchi nitroza gazlari bug' qozoniga o'tadi. Undan oksidlovchiga (10) borib, uning tepa qismiga katalizatorni ushlab qolish uchun o'rnatilgan filtrdan (shisha paxta) o'tib, ketma-ket sovitgichlarga borib soviydi. Avval havo qizdirgichga borib 210—230°C darajaga, so'ngra dum gazlarini qizdirgichi (13) orqali o'tib 150—160°C darajaga, nihoyat kondensator-sovitgichdan o'tib 45—50°C darajaga soviydi. Sovugan nitroza gazlari absorbsiya kolonnasining (11) (kolonna-ustunsimon apparat) ostki qismidan kiradi.

Absorbsiya kolonnasining balandligi 46 m, diametri 2 m. Uning ichiga zanglamaydigan ingichka po'lat simlardan to'qilgan simto'r

tarelkalar o'rnatilagan. Tarelkalar bir-biriga maxsus quvurchalar orqali tutashgan bo'lib, undan bir tarelkadan ikkinchisiga suyuqlik oqib tushadi. Kolonnnaning 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.

Erib ulgurmagani 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 sovutkichlar 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 ammoniy va aluminiy oksidli katalizatorlar orqali o'tadi. Bunda vodorod saqlovchi gazlar yonadi, azot oksidlari esa erkin N_2 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 zavodni mahsuldorligi 100 %li nitrat kislotasiga hisoblanganda 380—400 t/ yilga teng.

Yuqori bosimda ishlovchi qurilmaning atmosfera bosimida ishlovchi qurilmadan ustunligi quyidagilardan iborat:

1. Azod oksidlarini nitrat kislotaga aylantirish 98—99 % gacha ortadi. Olingan kislota konsentratsiyasi 60—62 % ga ko'tariladi, ishqoriy absorbsiyalash jarayoniga ehtiyoj qolmaydi;

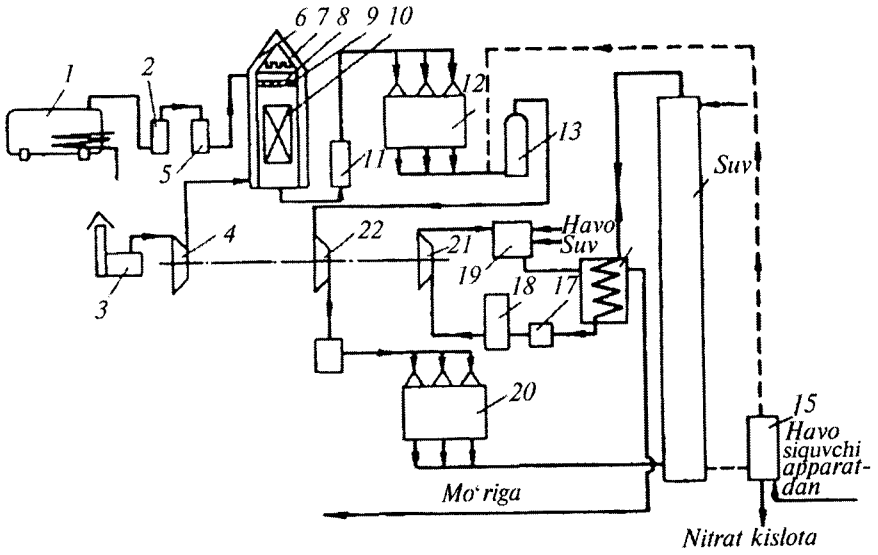
2. Adsorbsion kolonnasining hajmi, atmosfera bosimida ishlovchi qurilmada qo'llaniladigan nasadkali minoralar hajmidan o'nlab marotaba kichik.

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 tipdagi qurilmalarni keng tarqalishga katta to'siq bo'lmoqda. Shuning uchun ham keyingi yillarda qurama tipdagi qurilmalar keng tarqalmoqda.

Qurama (kombinatsiyalangan)usulda suyuq nitrat kislota ishlab chiqarish. Bu usulda ishlovchi qurilma sxemasi 68- rasmda berilgan.



68- rasm. Qurama usulda 0,4 – 1 MPa bosimda suyuq (kuchsiz) nitrat kislota ishlab chiqarish.

1 — ammiak bug'lantirgichi; 2 — ammiakni tozalash uchun filtr; 3 — havoni tozalash uchun filtr; 4 — havo kompressori; 5 — ammiak qizdirgichi; 6 — kontakt apparati; 7 — ammiak - havo aralashmasini tozalash uchun filtr; 8 — platina to'ri; 9 — platinasiz katalizator; 10 — utilizatsiya qozoni; 11, 23 — suv qizdirgich; 12, 20 — havoli sovutkich; 13 — gaz yuvgich; 14 — absorbsiya kolonnasi; 15 — puflash kolonnasi; 16 — chiqarib yuboriladigan gaz qizdirgichi; 17 — gazlarni aralashtirgichi; 18 — katalitik tozalash apparati; 19 — yoqish qurilmasi; 21 — gaz turbinasi; 22 — nitroza kompressori.

Kompressorda 0,4 MPa bosimgacha siqilgan va 200°C gacha qizigan havo kontakt apparatining g'ilofi orqali o'tib qiziydi va aralashtirgichga borib filtrlangan va qizigan ammiak bilan aralashadi, so'ngra kontakt apparatining o'ziga o'rnatilgan tozalagichdan o'tgib tozalangan, havo-ammiak aralashmasi ikki qavat katalizator (platinali to'r qavat va uning ostida platinasiz katalizator qavatlari) orqali o'tadi. Platinali qavatdan o'tgach, filtrlanib platina zarrachalari ushlab qolinadi. Nitroza gazlari (850—880°C) reaktor ichida o'rnatilgan bug' qazoni orqali o'tadi,keyin suv isitgichdan o'tib, o'z issiqligini yana 180°C gacha pasaytiradi.

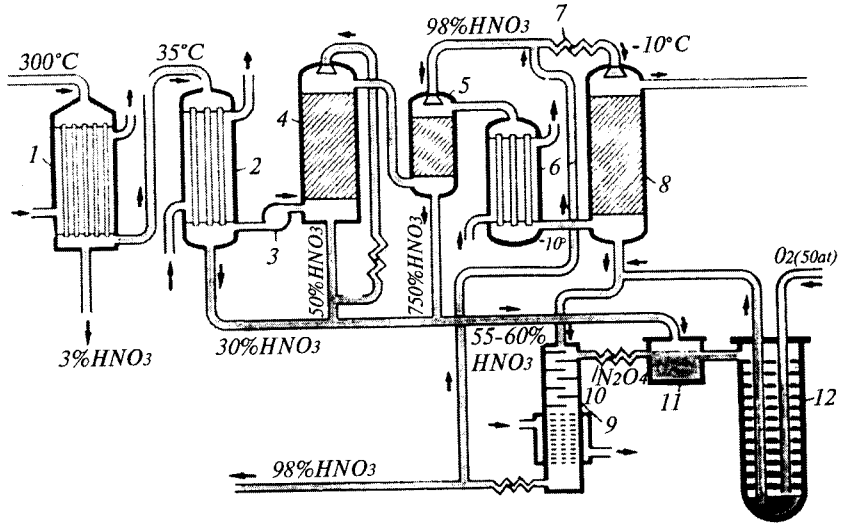
So'ngra havo sovutkichlar orqali o'tib 60°C gacha soviydi va nitroza kislota bilan sug'orilib turuvchi yuvgichga boradi. Yuvgich ostiga yig'ilib qolgan 47 % li nitrat kislota adsorberga yuboriladi. Sovugan nitroza gazlari nitroza kompressorida 1,1—1,2 MPa bosimgacha siqiladi va suv qizdirgich, keyin havo sovitgichi orqali o'tib sovugach adsorb-sion kolonnaga kiradi. Hosil bo'lgan 60 %li nitrat kislota, puflash kolonnasiga va undan omborxona havzasiga boradi. Puflash kolonnasidan chiqqan nitroza gazlari yuvgichga kirishdan oldin siklga qo'shiladi. Chiqindi gazlar yuqori bosimda ishlovchi qurilmadagidek parchalab yuboriladi. Bunday 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.

Birinchi usulda nitrat kislotani haydash (distillash) yo'li bilan konsentratsiyasi oshiriladi. Ammo nitrat kislota suv bilan azeotrop aralashma hosil qilganligi sababli bu usulda amalda 65 % dan yuqori konsentratsiyali kislota olib bo'lmaydi. Shuning uchun ham suvni tortib oluvchi moddalar: konsentrlangan sulfat kislota yoki magniy nitrat tuzi aralashtirib haydash orqali konsentrlanadi. Ammo bu usulda 1 t. nitrat kislotani konsentrlash uchun 3-4 t. H_2SO_4 sarflanadi.

Umuman bu usul iqtisodiy jihatdan norentabell bo'lib, keyingi yillarda ancha rentabelli usul, nitrat kislotasini to'g'ri sintezlash keng tarqalmoqda.

Konsentrlangan nitrat kislotasining to'g'ri sintezi. Konsentrlangan nitrat kislotasi olishning suyuq kislota 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 (69- rasm) nitroza gazlari suvli tez sovutkich (1) orqali o'tadi.



69- rasm. Konsentrlangan nitrat kislota sintezining sxemasi.
1 — tez sovutgich; 2 — suvli sovutkich; 3 — ventilyator; 4 — oksidlovchi minora; 5 — to'liq oksidlagich; 6, 7, 10 — sho'robali sovutkichlar; 8 — yuttiruvchi minora; 9 — tokchali oqartiruvchi kolonna va uning bug' uchun g'ilofi; 11 — aralashtirgich; 12 — elaksimon tarelkali avtoklav.

Undan suvning ko'p qismi 3 %li nitrat kislotaga aylanib tushadi, qolgan qismi esa sovitgichda (2) kondensatlanadi, so'ngra ventilyator (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 sug'orib va aylanib turuvchi

50 %li nitrat kislotasi bilan olinib turiladi. 50 %li nitrat kislota azot oksidlari bilan o'zaro ta'sirga uchramaydi-birikmaydi. Oksidlanmay qolgan NO dookislitelda (5) 98 %li nitrat kislotasi bilan oksidlanadi.

$$NO+2HNO_3 \rightleftarrows 3NO_2 + H_2O - 136{,}2 \text{ kJ}$$

Hosil bo'lgan NO_2 (oksidlanish minorasida va dookislitelda hosil bo'lgan NO_2 birgalikda) sho'roba sovutkichlar(6)da —10°C gacha sovitilib ko'p qismi suyuq holga o'tkaziladi. Qolgan ozroq qismi yuttirish minorasida -10°C gacha sovitilgan 88 %li nitrat kislotasida eritib olinadi (98 %li nitrat kislota NO_2 ni o'ziga yaxshi eritadi va nitro-oleumga aylanadi. So'ngra u 75—80°C gacha qizdirilsa yana NO_2 ni ajratib chiqaradi) yuttirish minorasidan (8) oqib tushgan nitrooleum, avtoklavda hosil bo'lgan nitrooleum bilan birgalikda oqartiruvchi kolonnaga yuboriladi, binobar inu tashqi tomonda bug' bilan qizdirilib turiladi. Unda bug'lanib chiqqan azot (IV) va qo'sh oksidlari sovitkichga (10) borib yana azot qo'sh oksidiga aylanadi.

Oqargan 98 %li nitrat kislota 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 apparatlaridan oqib tushuvchi 55-60 % li nitrat kislota bilan aralashib avtoklavga (12) keladi. (Avtoklav bu moddalarni yuqori bosimda qizdirish uchun ishlatiladigan germetik qopqoqli apparatdir). Bu maqsadda ishlatiladigan avtoklav qalin devorli po'latdan yasalgan silindirsimon apparat bo'lib, balandligi 8,5 m, ichining diametri 1 m, ichiga korroziyadan mudofaa qilish uchun aluminiy qoplangan hamda to'r tarelkalar o'rnatilgan va to'r tarelkalarning mayda teshikchalaridan 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. HNO_3 ishlab chiqarish uchun 0,29 t/ ammiak, 150 m^3 kislorod, 0,05 g platina, 270 kvt/s elektr energiyasi, 0,6 t. bug', 200m^3 suv sarflanadi. Chirchiq, Olmaliq, Farg'ona va Navoiydagi nitrat kislota ishlab chiqarish zavodlari respublikamiz ehtiyojini qondirib kelmoqda.

IV BOB. MINERAL O'G'ITLAR ISHLAB CHIQARISH

1- §. Mineral o'g'itlarning ahamiyati, sinflarga bo'linishi va olinishi

Yer shari yuzasining 10 % ga yaqin qismiga qishloq xo'jalik ekinlari ekiladi. Ekin maydonlarining bundan kengaytirishning iloji yo'q. Ammo sayyoramiz aholisi to'xtovsiz o'sib bormoqda, ularni oziq-ovqat bilan ta'minlash uchun hosildorlikni yanada 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'simlikni 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 vavodorod bo'lib, o'simlik quruq massasining 90 % ni tashkil etadi; ulardan eng asosiysi uglerod kislorod va vodorod bo'lib o'simlik ko'ruk massasining 90%ni tashkil etadi; 8–9% o'simlik massasini esa azot fosfor, kaliy, magniy, oltingugurt, natriy, kalsiy tashkil etadi. Bu o'nta element *makroelementlar* deyiladi. Qolgan 1–2 %i bor, temir, mis, marganets, rux, molebden, 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 chiqib 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 ozuqasi taqchilligi paydo bo'ladi, tuproq unumdorligi

kamayib ketadi. Agar ana shu yo'qotilgan elemenetlar 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, sayyoramizda olinadigan oziq-ovqatning taxminan chorak qismi, paxtaning esa 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. Qaysiki, 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 chidamlligini oshiradi va asosiy moddalarni ko'payishiga ijobiy ta'sir qiladi. Masalan, kartoshkada kraxmalni, qand lavlagida saharozani ortishiga olib keladi.

Kaliy o'simlikda kechadigan hayotiy jarayonlarni to'g'rilab turishda muhim rol o'ynaydi. U o'simlikda suv rejimini yaxshilaydi, uglevodlar hosil bo'lishi va moddalar almashinuvida ishtirok etadi. Quruq o'simlik poyasi tarkibida 4—5% gacha, barglarnri yonishidan qolgan kul tarkibida 30—60% gacha kaliy bo'ladi.

Mineral o'g'itlar asosan qishloq xo'jaligida, hosildorlikni oshirish maqsadida ekinzorlariga solish uchun ishlatiladi. O'g'it ishlatiladigan ikkinchi asosiy soha bu kimyo sanoatidir. Ayniqsa, natriy va kaliy tuzlari, masalan, Cl, KCl lar. Soda, xlorid kislota, potash, o'yuvchi natriy, o'yuvchi kaliy ishlab chiqarish uchun xomashyodir. Na_2SO_4 esa shisha, natriy sulfid, ftorid, kaliy va natriy dixromat, natriy fosfat ishlab chiqarishda xomashyo hisoblanadi.

Metallurgiya sohasida o‘g‘itlar rudalarni boyitishda, metallarni suyuqlantirishddda, elektroliz yo‘li bilan metallar olishda, metall yuzasiga ishlov berishda, metall va qotishmalarni payvandlashda ishlatiladi. Ayniqsa, natriy sulfat shisha olishda asosiy xomashyo hisoblanadi.

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 meliorlatsiyasi, rH ni to‘g‘rilash uchun ishlatiladi) o‘g‘itlarga bo‘linadi.

Kelib chiqishiga qarab o‘g‘itlar *mineral, organik, organo-mineral va bakterial o‘g‘itlarga* bo‘linadi. Mineral o‘g‘itlar asosan mineral tuzlardir (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 nitrogenaza fermenti atmosfera azotini birikma xolga o‘tkazib to‘playdi yoki organik birikmalarni parchalovchi fosfobakteriyalar organik birikmalar tarkibidagi fosforni o‘simlik o‘zlashtira oladigan holatga keltiradi.

Yerimiz atmosferasida 4×10^{15} tonna azot bor, ya’ni har 1 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. Dukkali o‘simliklar tarkibida yashovchi azot bakteriyalari atmosfera azotini biriktirganda boradigan reaksiyani umumiy holda quyidagicha yozish mumkin:

$$2N_2+6H_2O+3C+356\ kJ = 4NH_3+3CO_2$$

Shunday yo‘l bilan 1 ga haydalgan yerdan yiliga 50 kg gacha bog‘langan azot tushadi.Havoda chaqmoq chaqilishi tufayla ham har yili 1 ga yerga 15 kg gacha azot tushadi.

Mineral o‘g‘itlar tarkibga 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 komponetli (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 guruhlarga 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 sudagi eritmasi va suspenziyasi) va gazsimon (masalan, karbonat angidrid) o'g'itlarga bo'linadi.

O'g'itlar 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, tuproqda sistemali ravishda $(NH_4)_2SO_4 \cdot NH_4Cl$ kabi o'g'itlar solinsa, tuproq reaksiyasini kislotali qilib qo'yadi. Chunki o'simlik kationlarni o'zlashtiradi, natijada uning o'rniga vodorod ionlari ko'paydi (tuproq tarkibidagi suv hisobiga) va tuproqda erkin kislotalar (xlorid va sulfat kislotalari) to'planadi. Tuproqning pH i o'zgaradi.

Aksincha $NaNO_3$ 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 tavsif 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 1 mm dan kichik), kristal (kristallarning kattaligi 0,5mm dan katta), donador — sharcha shaklida (sharchalarning kattaligi 1 mm dan katta) ishlab chiqariladi.

Keyingi yillarda o'g'itlarning tarkibidagi o'simlik o'zlashtiradigan oziqa 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 Rossiyada 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. Shuningdek, Stimul-1 ishlab chiqarilmoqda. Bu xlorsiz 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. $PO(NH_2)_3$ (44,1% N_2, 74,06% P_2O_5) diamido — va monoamidofosfotlari orqali ammoniy ortofosfat 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 dokachalari 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'ovakliligiga 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 (SKO') 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 mochivinoformaldegidli o'g'itlar (MFO'), shuningdek, mochivinoformaldegidli birikmalar hamda ammofos asosidagi polimer o'g'itlar sanoat miqyosida ishlab chiqarila boshlanadi:

Ammoniy polifosfat — $(NH_4)nH_2PnO_3n+1$

Karbamid polifosfat — $[CO(NH_4)_2 \cdot HPO_3]$

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.

MDHda 70 xildan ortiqroq mineral o'g'itlar ishlab chiqiladi. Keng tarqalgan o'g'itlar tarkibiga qarab guruhlarga ajratilgan (5- jadval).

5- jadval.

Asosiy mineral o'g'itlar

O'g'it nomi	Asosiy tarkibiy qismi	Oziq elementi miqdori, %
	Fosforli o'g'it, P_2O_5	
Fosforit uni	$Ca_2(PO_4)_3 \cdot CaF_2$	16—35
Oddiy superfosfat	$Ca(H_2PO_4) \cdot H_2O + CaSO_4 + H_3PO_4$	14—21
Qo'sh superfosfat	$Ca(H_2PO_4) \cdot H_2O$	40—50
Pretsipitat	$Ca(HPO_4) \cdot 2H_2O$	27—46
Metallurgiya shlaklari (tomos yoki marten)	$4CaO \cdot P_2O_5 \cdot 5CaO \cdot P_2O_3 \cdot SiO_2$	14—20

O‘g‘it nomi	Asosiy tarkibiy qismi	Oziq elementi miqdori, %
	Azotli o‘g‘itlar, N	
Suyuq sintetik ammiak	NH_3	82,3
Texnik ammiakli suv	NH_3+H_2O	16,5—20,5
Ammoniy nitrat (ammiakli selitra)	NH_4NO_3	32—35
Karbamid (mochevina)	$CO(NH_2)_2$	46—46,5
Mochevina aldegidli o‘g‘itlar (uzoq ta’sir qiluvchi)	$NH_2CONHCH_2$	33—42
Ammoniy sulfat	$(NH_4)_2SO_4$	19,5—21
	Kaliyli o‘g‘itlar K_2O	
Kaliy xlorid K- 40	KCl+NaCl	38—42
Kaliy xlorid K- 50	KCl+NaCl	48—52
Kaliy xlorid K- 60	KCl	60
Kaliy sulfat	K_2SO_4	46—52
Kaliy sulfat va magniy sulfat	$K_2SO_4+MgSO_4$	26—30
	Kompleks o‘g‘itlar	
Ammoniy fosfat (ammofos)	$NH_4H_2PO_4+(NH_4)_2HPO_4$	11—14N; 46—55 P_2O_5
Nitroammofos	$NH_4NO_3+NH_4H_2PO_4$	21—25 N; 20—25 P_2O_5
Kaliy nitrat (kaliyli selitra)	KNO_3	13,8 N; 46,5 K_2O
Nitrofoska	$NH_4NO_3+CaHPO_4+(NH_4)HPO_4+$ $+KNO_3+NH_4Cl$	11—20 N 8—16 P_2O_5 10—21 K_2O
Ammofoska	$(NH_4)_2HPO_4+NH_4H_2PO_4+KNO_3+$ $+NH_4Cl+KCl$	8—12 N 10—24 P_2O_5 15—24 K_2O
Nitroammofoska	$NH_4NO_3+NH_4H_2PO_4+KNO_3+$ $+NH_4Cl+KCl+Ca(NO_3)_2$	17—18,5 N 17—18,5 P_2O_5 17—18,5 K_2O
Karboammofoska	$Co(NH_2)_2+NH_4H_2PO_4+$ $+(NH_4)_2HPO_4+KCl$	18—20 N 18—20 P_2O_5 18—20 K_2O

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 tipdagi, 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 tavsiflanadi.

$$u = \frac{dG}{d\tau} = K_m \cdot F \cdot \Delta C$$

Bunda, Km — massa uzatish koeffitsienti; F — reaksiyaga kirishuvchi moddalarning o'zaro ta'sir yuzasi; ΔC — massa uzatishning harakatlantiruvchi kuchi.

2- §. Azotli o'g'itlar ishlab chiqarish

Azotli o'g'itlar tarkibidagi azot turli birikmalar: erkin ammiak, NH_4^+, NO_3^- ionlari va aminoguruh $-NH_2$ shakllarida bo'lishi mumkin. Qattiq azotli o'g'itlar sifatida ammoniy nitrat, ammoniy sulfat va ammoniy fosfatlari, kalsiy nitrat, natriy nitratlar xolida ular asosida olinadigan aralash va murakkab o'g'itlar ishlatiladi. Suyuq azotli o'g'itlar sifatida esa suyuq ammiak, aminlar, tuzlarning suvdagi eritmalari, karbamid, ammoniy fosfatlari ishlatiladi.

Azotli o'g'itlar suvda yaxshi eruvchi bo'lib, ularni o'simliklar oson o'zlashtiradi. Ayniqsa, NO_3^- 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 (atmosferaga chiqarib yuboriladigan) gazlari xomashyo hisoblanadi.

Ammoniy nitrat ishlab chiqarish. Ammoniy nitrat tarkibida bekorchi jins saqlamaydigan qattiq o'g'itdir. Uning tarkibida 35 % azot bor. U gigroskopik bo'lganligi uchun yopishib qolishini oldini olish maqsadida uning eritmasiga (krisstallanishdan 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 kristallgidrat hosil qilganligi uchun namlikni o'ziga biriktirib oladi $(Mg(NO_3))_2 \cdot 6H_2O$, yoki donachalarining sirti aktiv, gidrofobligini oshiruvchi moddlar bilan qoplanadi. Ammoniy nitrat nitrat kislotani ammiak bilan neytrallab olinadi:

$$NH_3+HNO_3=NH_4NO_3+145\ kJ$$

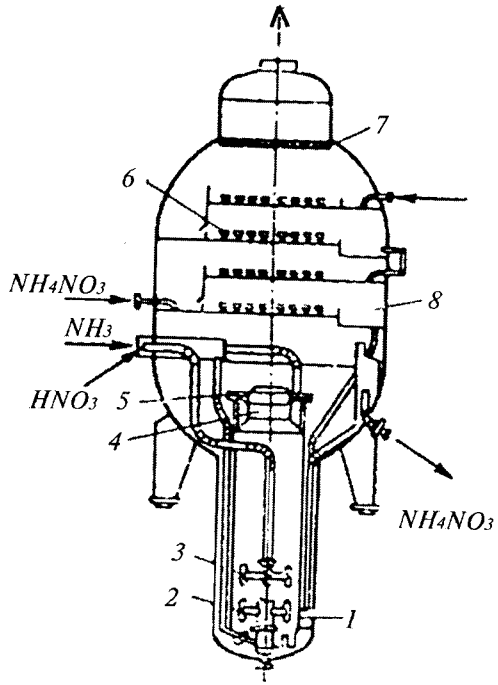
Suyuq nitrat kislotani (47—60 % li) neytrallanganda suyuq ammoniy nitrat hosil bo'ladi, undan qattiq NH_4NO_3 olish uchun uni bug'latish zarur. Reaksiya ekzotermik bo'lganligi uchun uni issiqligidan foydalaniladi. Kislota konsentratsiyasi qanchalik yuqori bo'lsa, neytrallanish reaksiyasida shunchalik ko'p issiqlik chiqaradi.

Ammoniy nitrat ishlab chiqarish jarayoni uch bosqichni: nitrat kislotani ammiak bilan neytrallash, olingan eritmani bug'latib 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) apparatlarida 62—83% li NH_4NO_3 olinar edi. Bu eritma so'ngra vakuumli-bug'lantirgich apparatlarida 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 oshirilar edi. Olingan suyuqlanma ichi kislotaga chidamli, ichki diametri 12 m, balandligi 30—35 m li minoralardan havo oqimida granullanar edi. Bunday apparatlarning mahsuldorligi 450—600 t/s ga teng edi. Hozir ham bunday tipdagi eski qurilmalarda ishlovchi sexlar ayrim zavodlarda ishlab turibdi.

Hozirgi paytda yangi tipdagi, qudratli, 58-60 % li HNO_3 bilan ishlovchi, mahsuldorligi 1575 t/sutkaga teng bo'lgan yirik zavodlar qurilmoqda.

Ana shunday yangi tipdagi zavodda NIF va ko'rama bug'lantirgich apparati o'rnatilgan, yangi NIF reaktorining tuzilishi 70- rasmda berilgan. Bu reaktor ikkita silindrsimon ostki reaksion (diametri 1,6 m) va ustki separator (diametri 3,8 m) qismlardan tuzilgan.

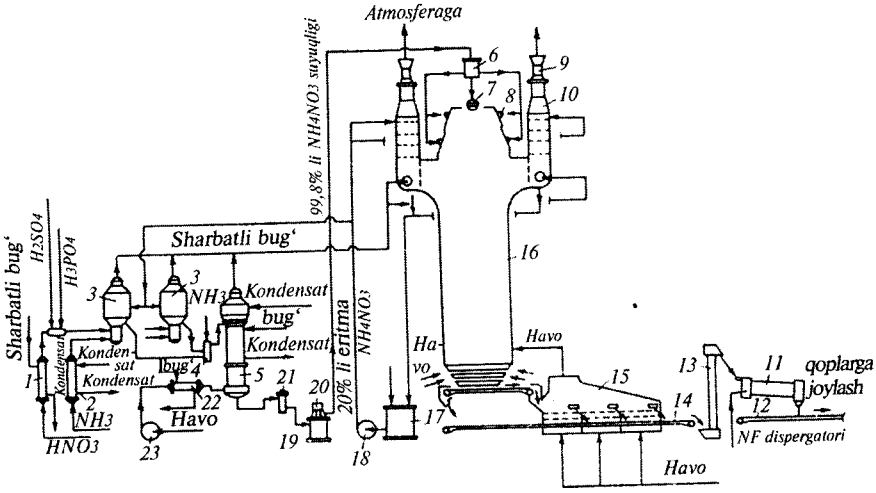


70-rasm. Neytrallanish issiqligidan foydalanish (NIF) reaktori.
1 — reaksion stakan; 2 — ammiak barbatyori; 3 — nitrat kislota barbotyori; 4 — girdob hosil qilgich; 5 — separator korpusi; 6 — qalpoqli tarelka; 7 — sachrashni kamaytiruvchi to'r; 8 — yuvgich.

Apparatning umumiy uzunligi 210 m. Ostki reaksion silindrda neytrallanish reaksiyasi boradi. Reaksiya issiqligidan NH_4NO_3 tarkibidagi suvning bir qismi bug'lanib, NH_4NO_3 eritmasi bilan emultsiya hosil qilib, yuqoriga ko'tariladi. Suyuqlik bug' emulsiyasi reaksion silindrning tepa qismidan — zavixriteldan (zavixritel chirchir aylanib quyun hosil qiluvchi apparat bo'lib u bug'ni suyuqlikdan ajratadi) yuqoriga chiqarib tashlanadi.

Suyuqlik (NH_4NO_3 eritmasi) reaksion silindr bilan reaktor korpusi oralig'idagi bo'shliqqa tushadi. U yerda reaksion silindr devori orqali chiqqan issiqlikda qaynab, bug'lanishda davom etadi va ostki qismidagi teshikdan reaksion silindrga kiradi. Shunday qilib aylanadi (sirkulyatsiyalanadi). Reaktorning yuqori qismi separatorlik vazifasini o'taydi. Qaysiki, unda reksion silindrdan chiqqan sharbatli bug' to'rtta qalpoqchali tokchalarda yuviladi. Ostki ikkita tokchada bug' 20-25 %li ozroq nitrat kislota qo'shilgan NH_4NO_3 eritmasi bilan ammiakdan yuvilib, tozalanadi.

Yuqoridagi 2 ta tokchalarda bug' sharbatli bug' kondensati bilan yuvilib, HNO_3 bug'lari va NH_4NO_3 eritmasining tomchilari ushlab qolinadi. Tomchilardan to'liq tozalash otboynikda 8 (qaytargichda) amalga oshiriladi. Yuvilib bo'lgach, NH_4NO_3 eritmasi neytralizatorning yon tomonidan chiqib doneytralizatorga to'liq neytrallash apparatiga boradi (texnologik sxemaga qarang). Ammoniy selitrasi ishlab chiqarish zavodining texnologik sxemasi 71- rasmda berilgan.



71- rasm. Ammoniy nitrat ishlab chiqarish agregatining AS-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 — ventilyatorlar; 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;

Bu sxemada hozirgi zamon yirik ko'p tonnajli (qudrati 1360 t. sutka) ammiakli selitra zavodining (AS-72) agregati berilgan. Dastlabki 58–60% li nitrat kislota NIF 3 apparatining shirali bug'i bilan qizdirgichda 170–80°C gacha qizib neytrallanishga boradi. 3- apparatga kirishdan oldin nitrat kislotaga tayyor mahsulot tarkibida 0,3–0,5 P_2O_5 va 0,05–0,2% ammoniy sulfat bo'lishiga yetadigan miqdorda fosfat va sulfat kislotalari qo'shiladi.

Agregatda parallel ishlovchi ikkita NIF apparati o'rnatilgan. Unga nitrat kislotadan tashqari qizdirgich(2)da bug'li kondensat bilan 120–130°C gacha qizigan bug'simon ammiak ham beriladi. Beriladigan nitrat kislota va ammiak miqdori shunday nisbatda beriladiki, NIF apparatidan chiqqan eritmada ammiak to'liq yutilishi uchun kislota miqdori (2–5 g/l) ko'proq bo'lishi kerak.

Apparatning pastki qismida 155–170°C da neytrallanish reaksiyasi boradi natijada tarkibida 91–92% NH_4NO_3 saqlovchi konsentrlangan eritma hosil bo'ladi. Apparatning tepa qismida suv bug'lari (shirali bug' deb ataluvchi) ammiakli selitra sachratqilari va nitrat kislota bug'laridan yuviladi.

Nordon ammiakli selitra eritmasi to'liq neytrallash apparat(4)ga keladi, u erga eritma tarkibidagi kislotani to'liq neytrallash uchun ammiak yuboriladi. So'ngra eritma bug'lantirgich apparati(5)ga uzatiladi. Olingan suyuqlanma tarkibida 99,7–99,8% selitra saqlaydi, uning harorati 175°C bo'lib, filtr (21)dan o'tgach nasos (20) yordamida bosimli bakka (6) va so'ngra donadorlash minorasi (16)ga yuboriladi.

Minoraning tepa qismida donadorlagich (7) va (8) o'rnatilgan, pastki qismida esa tepadan tushayotgan selitra tomchilarini sovutish uchun havo yuboriladi. 50–55 m balandlikdan tushgan tomchilar havo ta'sirida sovub o'g'it donalariga aylanadi. Minoradan chiqqan donalar harorati 90–110°C bo'ladi. Issiq donalar qaynovchi qavatli apparat(15)da sovutiladi. Bu apparat uch bo'lmadan iborat va teshikchalari bo'lgan panjara bilan ta'minlangan. Panjara ostidan ventilyator orqali havo yuboriladi, bunda donadorlash minorasidan transportyor orqali keluvchi selitra donalarining siqilgansimon qavati hosil bo'ladi. Havo sovutilgach donadorlash minoraga boradi.

Selitra donachalari sirt aktiv moddalar bilan ishlov berilishi uchun transportyor (14) orqali aylanuvchi baraban(11)ga yuboriladi. So'ngra tayyor o'g'it transportyor(12) orqali qoplarga joylash xonasiga boradi.

Donadorlash minorasidan chiqqan havo ammiakli selitra zarrachalari bilan ifloslangan bo'ladi, neytrallagichdan chiqqan shirali bug' va bug'lantirgich apparatidan kelgan bug'-havo aralashmasi reaksiyaga kirishmay qolgan nitrat kislota va ammiak, hamda o'zi bilan uchirib olib kelgan selitra zarrachalarini saqlaydi. Bu oqimlarni tozalash uchun donadorlash minorasining tepa qismida oltita parallel ishlovchi tarelkati pidagi yuvuvchi skrubberlar (10) o'rnatilgan. Ular nasos (18) orqali yig'gich(17)dan keluvchi 20–30%li ammiakli selitra eritmasi bilan sug'orilib turiladi. Bu eritmaning bir qismi shirali bug'ni yuvish uchun NIF neytrallagichga boradi, so'ngra selitra eritmasiga qo'shiladi. Tozalangan havo donadorlash minorasidan ventilyator (9) bilan so'rib olinadi va atmosferaga chiqarib yuboriladi.

Natriy nitrat (Chili selitrasi). Suyuq nitrat kislota ishlab chiqarish zavodlarida, qo'shimcha mahsulot sifatida olinadi. Bu zavodning chiqindi gazlari tarkibidagi NO_2 ni minoralarida Na_2CO_3 eritmasi bilan o'zaro ta'sir ettirib olinadi.

$$2NO_2+Na_2CO_3= NaNO_3+NaNO_2+CO_2$$

Bu reksiya natijasida hosil bo'lgan $NaNO_2$ ga nitrat kislota ta'sir etib $NaNO_3$ ga aylantiriladi.

$$3NaNO_2+2HNO_3=3NaNO_3+2NO+H_2O$$

Ammoniy sulfat. Koks gazlari tarkibida NH_3 ni sulfat kislota bilan neytrallab olinadi va koks kimyo zavodlarining qo'shimcha mahsuloti hisoblanadi.

$$2NH_3+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4+274\ kJ$$

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.

$$CaSO_4+(NH_4)_2CO_3=(NH_4)_2SO_4+CaCO_3$$

Suyuq azotli o'g'itlar. Suyuq azotli sifatida: suyuq ammiak, ammiakning suvdagi eritmalari va suyuq ammiaklar (aminlar) aminlar – ammoniy nitrat, karbomid, ammoniy karbonat va boshqalarning ammiakdagi yoki suyuq ammiakdagi eritmalari ishlatiladi.

Qattiq ammiaklarga $NH_4NO_3 \cdot nNH_3 \cdot mH_2O$ yoki $Ca(NO_3)_2 \cdot XNH_4NO_3 \cdot nNH_3 \cdot mH_2O$ misol bo'ladi. Ular kristall holdagi NH_4NO_3, $Ca(NO_3)_2$ larni NH_3 da eritib olinadi.

Karbomid (mochevina) ishlab chiqarish. Karbamid ishlab chiqarishni dunyoda birinchi bo'lib, 1868- yilda A.I.Bazarov kashf etgan. U ammiakning karbonat angidrid bilan birikib, ammoniy karbonatiga, so'ngra uning parchalanib karbamidga aylanishi reaksiyasiga asoslangan.

Karbomid karbonat kislotasining diamididir- $(NH_2)_2CO$, u mochevina ham deyiladi, rangsiz, hidsiz kristall modda. 132,7°C da suyuqlanadi. Suvda yaxshi eriydi. U suyuq ammiakda ham yaxshi eriydi va ammiakat-$(NH_2)_2CO \cdot NH_3$ hosil qiladi. Karbamid tarkibida bekorchi jins saqlamagan konsentrlanadigan 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 NH_4NO_3 ga nisbatan tarkibida azotning ko'pligi, portlamasligi, kam gigroskopikligi, 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 ham proteinli qo'shimcha sifatida qo'shib beriladi. Karbamid sanoatda plastmassalar (aminoplastlar) sintetik tolalar, farmatsevtik preparatlar olishda ham ishlatiladi.

Karbamid sintezi reaksiyasi geterogen, katalizatorsiz, kinetik sohada boruvchi jarayondir. U ammiak bilan karbonot angidridni 150–220°C haroratda 70–100 MPa bosimda o'zaro ta'sir ettirib olinadi. Karbamid sintezi quyidagi bosqichlardan: NH_3 ni 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.

$$2NH_3 + CO_2 \rightleftarrows NH_2COONH_4 + 159\ kJ$$

Ikkinchi bosqichda karbamat degidratlanib suyuq fazada karbamidga aylanadi.

$$NH_2COONH_4 \rightleftarrows NH_2 - CO - NH_2 + H_2O - 28{,}5\ kJ$$

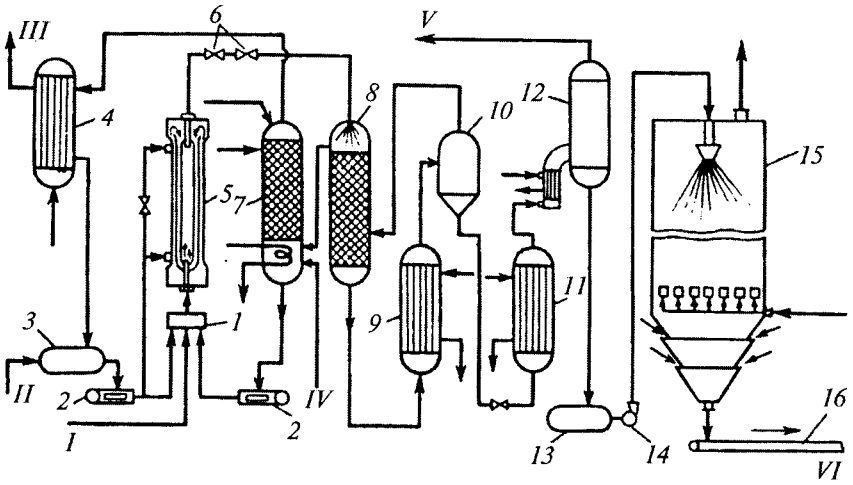
Jarayon ikkita faza hosil bo'lishi bilan boradi: gazsimon (NH_3, CO_2, H_2O) va suyuq (erigan va suyuqlangan komponetlar -ammiak, amoniy karbamat, karbamid va suv). Karbamid suyuq fazada, ya'ni suyuqlangan karbamatdan hosil bo'ladi. Reaksiyaning umumiy tezligini sekin boruvchi bosqich, ya'ni ikkinchi bosqich - karbamatdan suv ajralish bosqichi belgilaydi. Karbamid hosil bo'lish reaksiyasi bosim va harorat ortishi bilan hamda NH_3 miqdorini stexiometrik hisobdan ortiqcha olish bilan tezlashadi. Ammo haroratni 180—200°C dan oshirish mumkin emas, chunki bundan yuqori haroratda amoniy karbamat ammiak va CO_2 ga parchalanadi hamda apparatlar korroziyasini kuchaytiradi. Shuning uchun ham reaksiya yuqori bosimda, odatda 18-20MPa 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. 72- rasmda karbamid ishlab chiqarishning texnologik sxemasi berilgan.

Uglerod (IV)- oksidi kompressorda 20 MPa gacha bosimda siqilgach, aralashtirgichga keladi. U yerga nasos bilan 20 MPa bosimda suyuq ammiak va aylanma ammoniyli hamda karbonatli tuz eritmalari keladi (aylanma eritma bu reaksiyaga kirishmay qolgan gazlarni suvdagi eritmasidir). Aralashtirgichda aralashgan reagentlar sintez kollonnasiga - reaktorga keladi. U yerda kimyoviy reaksiya natijasida karbamid sintezlanadi. Sintez kolonnasi (73- rasm) ligerlangan po'latdan yasalgan silindirsimon, ichi bo'sh, osti dumaloq idish bo'lib, ichki tomoni xromnikelmolibdenli — XI7HI6M3T yoki titanli po'lat bilan qoplangan bo'ladi.

Reagentlar aralashmasi reaktorning ostki shtuseri (shtuser — tashqi tomoni rezbali kalta quvurcha) orqali sintez kolonnasining ichiga kiradi va kolonnaning yuqorisiga tomon ko'tarila boradi. Reagenlarning yaxshi aralashishi uchun kolonna ichida chambarali to'siqlar o'rnatilgan. Suyuqlanma holda hosil bo'lgan karbamid (tarkibida 30—31 % karbamid, 21—22 % amoniy karbamat, 33—

34 % ortiqcha ammiak, 16-17% suv saqlaydi) reaktorning tepa yassi qismidagi shtuserdan chiqadi.



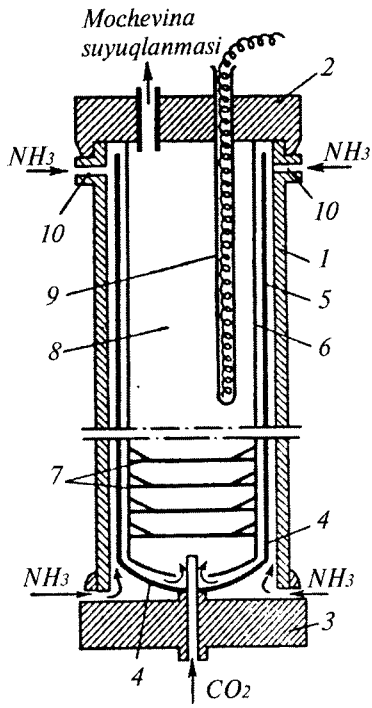
72- rasm. Karbamid ishlab chiqarishning sxemasi.
1 — aralashtirgich; 2, 14 — nasos; 3 — suyuq ammiak yig'gichi; 4 — kondensator; 5 — sintez kolonnasi; 6 — drossel jumrak; 7 — yuvish kolonnasi; 8 — I — pog'onali; rektifikatsiya kolonnasi; 9,11 — qizdirgichlar; 10 — seperator; 12 — vakuum bug'lantirgich apparat; 13 — karbamid suyuqlanmasini yig'gichi; 15 — donadorlash minorasi; 16 — transporter; I — kompressorda 20 MPa bosimda uglerod(IV) oksidi; II — suyuq ammiak; III — gaz ammiak adsorberiga; IV — ugle-ammoniyli tuzlar eritmasi suyuqlanmaning II pog'onali distillyatsiyasidan; V — kondensator va vakuum nasosga; VI — donadorlangan karbamid.

Karbamid bosimi kamaytirilib 1,8—2 MPa ga keltiriladi, so'ngra reaktifikatsiya kalonnasining yuqori qismiga yuboriladi. U yerda ortiqcha ammiak gaz holda ajraladi. Keyin esa birinchi pag'onali distiliyatsiya agregati qizdirgichga o'tib 170°C gacha qiziydi (Birinchi bosqichli distiliyatsiya agregatlariga rektifikatsiya kolonnasi, qizdirgich va separatorlar kiradi).

Bunda ammoniy karbamat NH_3 va CO_2 ga parchalanib ajraladi. Uchib chiqqan bug' - suyuqlik aralashmasi, separatorga borib, gaz va suyuqlikka ajratiladi. Gaz qismi rektifikatsiya kolonnasiga, uning ostki qismidan yuboriladi. Suyuq qismining bosimi yanada (0,3 MPa gacha) pasaytirilib ikkinchi pag'onali distillyatsiyaga (72- rasmda ko'rsatilmagan) yuboriladi. Suyuqlik tarkibi 55—51 % karbamid,

4—5 % ammoniy karbomati, 6—7 % ammiak va 28—35 % suvdan iborat bo'ladi. Ikkinchi pag'onali distillyatsiya ham, xuddi birinchi pag'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 pag'onali vakuum bug'lantirgichga yuboriladi. U yerda 0,07—0,08 MPa bosimda (ya'ni vakuumda, chunki karbamid polimerlanishi mumkin) eritma bug'lantirilib tarkibida 99,5—99,8 % $(NH_2)_2CO$ saqlovchi suyuqlanma olinadi. So'ngra suyuqlanma yig'gichga, undan nasos 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_3 (hajmi bo'yicha 70% NH_3 ushlaydi). CO_2 va H_2O dan iborat bo'lib, suyuq ammiak va suv bilan sug'orilib turuvchi yuvish minorasiga yuboriladi. Minorada ammoniyli va karbonatli tuzlarning konsentrlangan eritmasi hosil bo'ladi.



73- rasm. Mochevina sintez kolonnasi.
1 — sintez kolonnasi; 2 — qopqoq; 3 — kolonna tubi; 4 — tashqi silindr tubi; 5 — olib qo'yiladigan tashqi silindr; 6 — ichki olib qo'yiladigan silindr; 7 — teshikli to'siq; 8 — kolonnaning reaksion hajmi; 9 — termopara; 10 — yon tomondagi tuynuk.

So'ngra bu eritma aralashtirgich orqali sintez minorasiga qaytariladi. Gaz fazada esa CO_2 dan tozalangan sof ammiak qoladi, u kondesatorga siqilib, suyuqlantirilgach yana siklga qaytariladi. Karbamid sintezi minorasining diametri 2—2,5 m balandligi 30—35m (hajmi160 m^3)

bo'lganda, uning mahsuldorligi 1250 t/sutka (450 ming t/yil) ga teng bo'ladi. 1970- yillargacha qurilgan zavodlarda sintez minorasining mahsuldorligi 200—250 t/sutkaga teng bo'lgan).

3- §. Fosforli o'g'itlar

Fosfor birikmalarini olish uchun ishlatiladigan xomashyo bu tabiiy fosfatli rudalar apatit (apatit so'zi yunoncha «apate» so'zidan olingan bo'lib «yolg'on», «aldanish» ma'nolarini anglatadi. Chunki ilgari u mineralni boshqa minerallardan farq qilish qiyin bo'lgan, kishi aldangan va apatit nomini olishga sabab bo'lgan) va fosforitlardir. Apatitli rudalar magmatik jinslardir. Keng tarqalgan apatitlarga ftorapatit $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaF_2$ yoki boshqacha yozganda $Ca_{10}(PO_4)_6F_2$ (ko'pincha qisqartirib $Ca_5(PO_4)_3$ F shaklida yoziladi), xlorapatit $Ca_{10}(PO_4)_6Cl_{12}$, gidrokslatatitlar $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ lar kiradi. Yirik apatit konlariga Kola yarim orolining 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 Krasnoyar o'lkasidagi va Janubiy Baykal oldi apatit konlari misol bo'la oladi. Uning tarkibida 14-18,5 % R_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 Dune zaxirasining qariyb 6 % ini tashkil etadi. Fosforitlar tarkibida ftorapatit minerallaridan ($Ca_5(PO_4)_3F$) tashqari qo'shimchalar kvars minerallari — SiO_2, kalsit — $CaCO_3$, dolomit — $CaCO_3$, $MgCO_3$ hamda temir va aluminiy oksidlari va boshqalarni saqlaydi.

Fosforitlar boyitilgach tarkibida 18—30 % gacha P_2O_5 saqlaydi. MDHda fosforitlarning 200 dan ortiqroq koni topilgan. Zaxirasi bo'yicha Xibin konidan keyin ikkinchi o'rinda turuvchi eng yirik fosforit koni 1941- yilda topilgan Janubiy Qozog'istondagi Qoratog' konidir (uning tarkibida 21—23 % gacha P_2O_5 bor). Keyingi o'rinlardagi yirik konlar Vyatsko-Kamskiy Aktyubinskiy (Shimoliy Qozog'iston), Maardu (Estoniya) konlaridir.

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 R_2O_5 saqlaydi. Chiqindisi (dumlari) tarkibida 30 % gacha Al_2O_3 saqlovchi nefelin bo'lib, aluminiy ishlab chiqarish uchun ajoyib xomashyodir (Hozircha uning 50 %ga yaqindan foydalanilmoqda). Fosforitlar boyitilgach, tarkibida 27-28,5% P_2O_5 saqlovchi konsentratga aylantiriladi.

Tabiiy fosforitlar uch xil yo'l bilan kimyoviy qayta ishlanadi. Keng tarqalgan usuli bu fosfotlarni sul'fat, fosfat va nitrat kislotalari bilan parchalashdir. Boshqa usuli fosfotlar SiO_2 ishtirokida uglerod bilan qaytarilib, fosfor elementi olinadi, so'ngra u fosfat kislota va uning tuzlariga aylantiriladi. Uchinchi usuli fosfatlarga termik ishlov berishdir. Masalan, ishqorli parchalash (ishqoriy va ishqoriy-yer metall tuzlari bilan aralashtirilib suyuqlantirish orqali) yoki suv bug'i bilan gidrotermik ishlov berishdir.

Tabiiy fosfatlarning bir qismi kimyoviy ishlov berilmay, maydalanib *fosforit uni* deb ataluvchi o'g'it sifatida ishlatiladi. Bu eng arzon fosforli o'g'it bo'lib, ammo u faqat kislotali tuproqlardagina ishlatilishi mumkin bo'lgan, sekin ta'sir qiluvchi o'g'itdir.

Kimyoviy ishlov berish yo'li bilan sanoatda, asosan, oddiy superfosfat, qush superfosfat va kompleks o'g'itlar ishlab chiqariladi.

Oddiy superfosfat eng keng tarqalgan fosforli o'g'itdir. Uning kimyoviy formulasi $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O \cdot CaCO_4 \cdot 0,5H_2O$ hamda qo'shimchalar temir fosfat, aluminiy fosfat, kremnazyom va fosfor kislotasidan iboratdir. Oddiy superfosfat kulrang donador kristallar bo'lib, suvda yaxshi eriydi, ammo tarkibida 50% dan ko'proq keraksiz begona qo'shimchalar tutadi.

Oddiy superfosfat, tabiiy fosfatlarni sulfat kislota bilan o'zaro ta'sir ettirib olinadi. Bu jarayon ko'p fazali geterogen, diffuzion sohada kechuvchi 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.

$$Ca_5(PO_4)_3F+5H_2SO_4+2,5H_2O=5CaSO_4\cdot 0,5H_2O$$
$$+3H_3PO_4+HF(-\Delta H)$$

Reaksiya uchun olingan sulfat kislota sarflanib tugagach, (20—40 daqiqada tugaydi), ikkinchi bosqich boshlanadi. Ikkinchi bosqichda fosfat kislota qolgan appatit bilan reaksiyaga kirishadi

$$Ca_5(PO_4)_3F+7H_3PO_4+5H_2O=5Ca(H_2PO_4)_2\cdot H_2O+HF(-\Delta H)$$

Hosil bo'lgan monokalsiy fosfat sekin asta kristallanadi. Reaksiya uzoq dovom etadi. Shu jarayonda CaSO4 · 0,5 H2O suvini yo'qotib, angidrit shaklga o'tadi.

$$2CaSO_4\cdot 0,5H_2O=2CaSO_4+H_2O$$

Oddiy superfosfat olish reaksiyasini umumiy holda quyidagicha yozish mumkin.

$$2Ca_5(PO_4)_3F+7H_2SO_4+3H_2O=3Ca(H_2PO_4)_2.H_2O+7CaSO_4+2HF$$

Reaksiyaning batamom tugallanishi, ya'ni monokalsiy fosfatning hosil bo'lishi va kristallanishning tugashi omborxonada 6—25 sutka mobaynida bo'ladi. Bu davr *superfosfatning yetilishi* deyiladi.

Yetilishni tezlatish uchun H_2SO_4 ning konsentratsiyasi va haroratni oshirish kerak. Ammo H_2SO_4 ning konsentratsiyasi optimaldan oshirilsa, $CaSO_4.0,5H_2O$ ning mayda kristallarning zichlashgan qavati hosil bo'ladi va u H_3PO_4 ni apatitga diffuziyalanishini sekinlashtiradi. Kislotaning (H_2SO_4) optimal konsentratsiyasi 67—68 % li eritmasidir. Reaksion kameraning optimal harorati 110°C bo'lib, u reaksiya issiqligidan olinadi.

Superfosfatning yetilishini tezlashtirish uchun ko'pchilik hollarda H_2SO_4 miqdorini stexiometrik hisobdan ortiqcha olinada 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 hisobida qo'shimcha reaksiyalar ham ketadi.

Masalan,

$$CaMg(CO_3)_2+2H_2SO_4+(n-2)H_2O=$$
$$=CaSO_4.nH_2O+MgSO_4+2CO_2\ ;$$
$$K_2O.Na_2O.Al_2O_3.2SiO_2+5H_2SO_4=Na_2SO_4+K_2SO_4+$$
$$+Al_2(SO_4)_3+2SiO_2+5H_2O$$

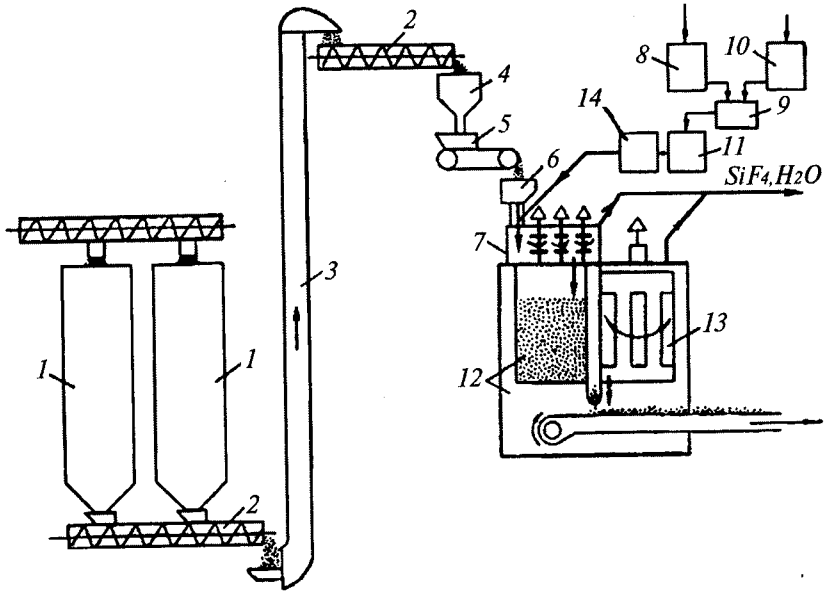
Kremniy (IY)- oksidi HF bilan birgalikda SIF_4 hosil qiladi.

$$SiO_2+4HF = SiF_4+2H_2O$$

Hosil bo'lgan SiF_4 ning bir qismi ajralib gaz fazaga o'tadi, qolgan qismi geksaftormetakremniy kislotasiga aylanib eritmada qoladi.

$$SiF_4+2HF=H_2SiF_6$$

Oddiy superfosfatni to'xtovsiz ishlab chiqarish usulining sxemasi 74- rasmda berilgan.

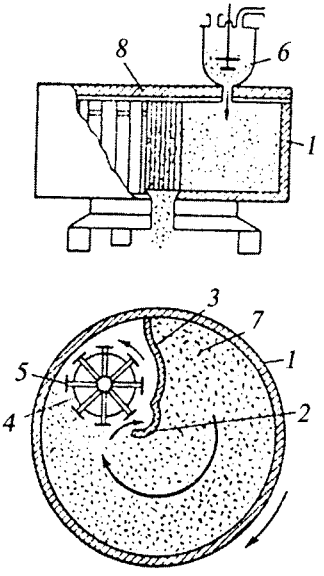


74- rasm. Uzluksiz usulda superfosfat ishlab chiqarish sxemasi.
1 — siloslar; 2 — shnekli ta'minlagich; 3 — kovshli elevator; 4, 6 — bunkerlar; 5 — avtomat tarozi; 7 — aralashtirgich; 8 — sulfat kislota; 9 — suv va kislotani aralashtirgich; 10 — suv; 11 — konsentraiyani o'lchagich; 12 — yetilish kamerasi; 13 — pichoqli karusel; 14 — dozalagich (sarfo'lchagich).

Fosfat minerali ombordan silos (silos-maxsus maydalangan ashyo) saqlash qurilmasiga (1) keladi. Undan ta'minlagich (2) yordamida elevator (3) orqali bunkerga (4) va avtamat taroziga (5)

olib beriladi. Fosfot 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, sarfo'lchagich (14) orqali aralashtirgichga (7) kelib tushadi Aralashtirgichda hosil bo'lgan yarim suyuq massa - pulpa superfosfatning etilish kamerasiga tushadi.

Superfosfat kamerasi (75- 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 silindir (2) atrofida sekin aylanadi. Cho'yan silindir orqali superfosfat kameradan tushiriladi. Kameraning qopqog'i qo'zg'almasdir, qopqoqga 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 super fosfat suspenziyasi (pulpa) tushib turadi.



75- rasm. Superfosfat kamerasi (tik va ko'ndalang kesimi).
1 — kamera korpusi; 2 — yarimsilindr; 3 — qo'zg'almas qalqon; 4 — korusel frezer; 5 — pichoqlari; 6 — aralashtirgich; 7 — pulpa tushadigan joyi; 8 — harakatsiz (qo'zg'almas) qopqoq.

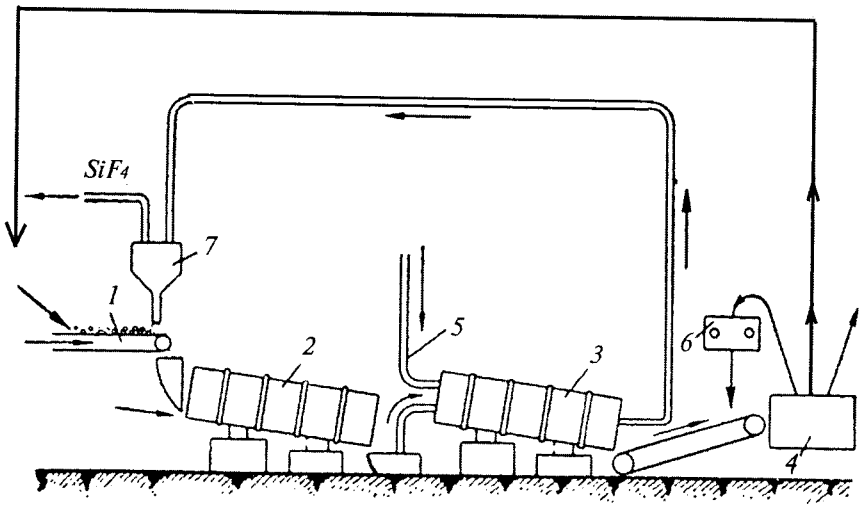
Tushirish zonasida to'siqqa (ortish-tushirish bo'limlariga ajratuvchi to'siq) frezer (kesuvchi pichoqlar) o'rnatilgan bo'lib, kamera yo'nalishiga teskari yunalishda aylanib turadi. Kamera har 1,5—2,5 soatda bir marta aylanadi. Shu vaqt ichida superfosfot yetiladi. So'ngra tushirishiga tayyor bo'lgan superfosfat frezer pichoqlar bilan kesilib, ichi bo'sh cho'yandan yasalgan, silindrsimon quvur orqali pastga - transpartyorga tushadi. U omborga olib borib tashlaydi. Standart superfosfat kamerasining balandligi 2,5 m , diametri 7,1 m bo'lib, uning mahsuldorligi 50 t/soatga 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) olinganida esa 15% P_2O_5, saqlaydi. Shundan 5,5 % P_2O_5, H_3PO_4 shaklida bo'ladi. 50 % gacha $CaSO_4$ va 11-14 % boshqa begona qo'shimchalar saqlaydi. 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, fosfarit uni yoki gazsimon ammiyak qo'shib neytrallanadi. Bu jarayon donadorlash paytida amalga oshiriladi.

Undan tashqari, uni yetilishi uchun katta hajmdagi ombor-xonalar va saqlovchi joylar talab qilinadi. Bu kamchilikni tuzatish mumkin. Buning yagona yo'li superfosfatni omborxonalarda saqlamay yetiltirish usullariga o'tishdir. Bunday qilinganda ftor saqlovchi gazlarning atmosferaga chiqib, uni zaharlanishining ham oldi olingan bo'lur 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 (1) olib boriladi (76- rasm). Unga tashigichdan (2) to'xtovsiz superfosfat kelib turadi va (16% gacha) suv sachratilib turiladi. Barabanlar sekin aylanib turadi. Natijada mayda zarrachalar nam bo'lgandan bir-biriga yopishib donachalar hosil qiladi. So'ngra quritgich barabanga (3) o'tadi va undan galvirga (4) boradi. Hosil bo'lgan donachalarning 2 mm dan kichigi qayta donadorlashnga, 4

mm dan kattasi esa maydalagichga (6) va undan yana g'alvirga boradi. Quritish barabanidan chiqqan gazlar superfosfat changlarini ushlab qolish uchun siklon apparatga (7) yetib boradi. 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. Shunda 25,5 % gacha H_3PO_4 shaklida bo'ladi.



16- rasm. Superfosfatni donadorlash qurulmasining sxemasi.
1 — superfosfatni uzatuvchi tasma; 2 — granulyator; 3 — quritish barabani; 4 — maydalagich; 5 — issiq havo berish; 6 — valikli maydalagich; 7 — siklon.

Qoratog' fosforitidan olingan superfosfat donadorlanganda ammiak bilan neytrallash jarayoni ham qo'shib olib boriladi.

Fosfat kislota va qo'sh superfosfat ishlab chiqarish.

Fosfat kislota asosan ekstraksiya usuli bilan olinadi. Bunda tabiiy fosforitlar mul sulfat kislota bilan ishlov beriladi.

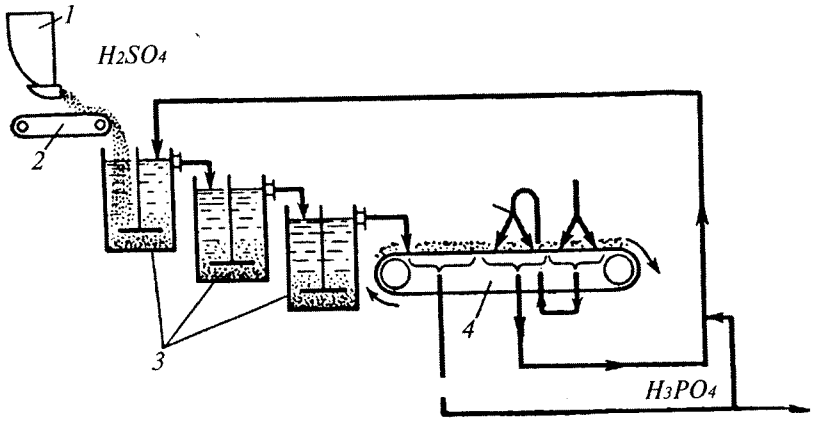
$$Ca_5(PO_4)_3F+5H_2SO_4+5nH_2O \rightarrow 5CaSO_4 \cdot nH_2O+3H_3PO_4+HF$$

Hosil bo'lgan gipsni (fosfogips-parchalanmay qolgan fosfat va $CaSO_4$ aralashmasi) suyuq fazadan filtrlab ajratib tashlanadi. Olingan H_3PO_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°C harorat va sulfat kislotaning konsentratsiyasi pastroq bo'lganda hosil bo'ladi. Yuqori konsentratsiyali H_3PO_4 olish va ekstraksiya jarayonini tezlashtirish uchun, 75% li H_2SO_4, 70—80°C harorat va jadal aralashtirish qo'llaniladi. Jarayon to'xtovsiz boradi.

Fosfat kislota ishlab chiqarishning texnologik sxemasi 77- rasmda berilgan. Bunkerdan (1) fosfat xomashyosi lentali dozalagich (2) orqali ekstraksiyalagichga (ekstraksiyalagich- yirik 60 m^3 hajmli po'lat chanlar bo'lib ichi kislotaga chidamli plitalar bilan qoplangan va ichiga aralashtirgich o'rnatilgan) tushadi. Unga kislota saqlagichdan H_2SO_4 oqib tushadi. Hosil bo'lgan pulpa navbat bilan keyingi ekstrak-siyalagichlarga o'zi oqib o'tadi. So'ngra undan lentali vakuum filtrga (4) borib filtralanadi, suv bilan yuviladi va fosfogips ajratib olinadi. Kislota konsentratsiyasi 36% dan (P_2O_5 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.



77- rasm. Ekstraksiya usuli bilan fosfat kislota ishlab chiqarish.
1 — bunker; 2 — tasmali dozalagich; 3 — ekstraktorlar; 4 — tasmali vakuum filtr.

Keyingi yillarda fosfat kislotasi ishlab chiqarishning uch rejimda: digidratli, yarimgidratli va angidritli ekstraksiya usullari ishlab chiqildi. Kislota olish jarayoni sharoitiga: asosan, harorat va H_2SO_4 ning konsentratsiyasiga qarab kalsiy sulfat turlicha gidratlanadi. Bu uchala rejimlar 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 digitratli rejimga o'xshaydi, ammo ayrim parametrlari bilan farq qiladi. Masalan, 95—105°C harorat, yuqori konsentratsiyali (93% li) H_2SO_4 ning qo'llanishi kabilar. Ayniqsa, juda keng tarqalayotgan qurama (yarim-gidrat-digidratli) usul, yuqori konsentratsiyali (50% P_2O_5) H_3PO_4 olish imkoniyatini berish bilan bir qatorda atrof-muhitni zaharlanishini ham bir muncha 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 erlarni 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 nuqtai nazardan muhim vazifadir.

Qo'sh superfosfat (nomidan ma'lumki, fosfatni ikki marta ishlov berib olingan) tabiiy fosfatlarga fosfat kislota ta'sir ettirib olinadi.

$$Ca_5(PO_4)_3F + 7\,H_3PO_4 + 5H_2O = 5Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + HF,$$

$$CaMg(CO_3)_2 + 4\,H_3PO_4 = Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + Mg(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + 2CO_2,$$

$$R_2O_3 + 2H_3PO_4 + H_2O = 2[RPO_4 \cdot 2H_2O]$$

Fosfat kislotasining stexiometrik normasi shu reaksiya asosida hisoblanadi. Qo'sh superfosfat oddiy superfosfatdan farq qiladi. U asosan monokalsiy fosfatdan iborat bo'lib konsentrlangan o'g'itdir.

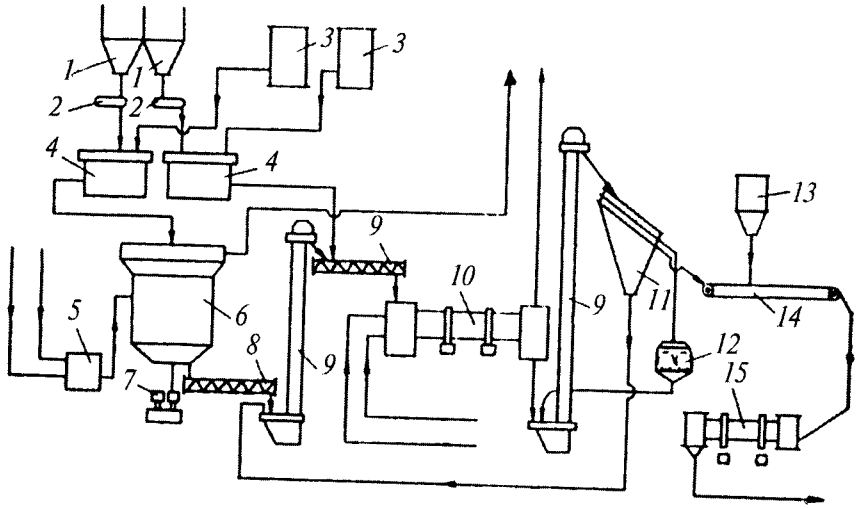
Tarkibida oddiy superfosfatdan 2—3 marta ko'p, 40—50 % P_2O_5 saqlaydi.

Qo'sh superfosfat ishlab chiqarishning kamerali usulida apparat va qurilmalari oddiy superfosfatnikidek bo'lib, farqi faqat fosfat ashyosi bilan fosfat kislotasi aralashadigan aralashtirgichning tipida va to'xtovsiz ishlovchi kamera tipidadir. Qo'sh superfosfat ishlab chiqarishning (oddiy superfosfat ishlab chiqarishning ham) kamerali usuli ilgari aytilganidek anchagina kamchiliklarga ega. Birinchidan, bunda fosfatni parchalash uchun konsentralangan H_3PO_4 talab qilinadi, ikkinchidan, tayyor mahsulotning yetilishi uchun (yani kalsiymonofosfat kristallarining shakllanishi reaksiyaning tugallanishi uchun), omborxonalarda uzoq muddat saqlanishidir. Shuning uchun ekstraksion fosfat kislotasini bug'lantirib 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 usuli — bu to'xtovsiz oqimli (potok) ishlab chiqarishdir. Bu usulda mahsulotni omborxonalarda saqlamay va konsentratsiyasi oshirilmagan fosfat kislota 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 me'yoridan yuqori) va iqtisodiy ko'rsatkichlari ham yuqori.

Donadorlangan qo'sh superfosfatni fosforit uni va bug'lantirilmagan (suyuq) fosfat kislotasidan uzluksiz usulda ishlab chiqarishning texnologik sxemasi 78- rasmda berilgan.

Reaktor (4)ga fosforit uni va fosfat kislota yuboriladi. Taxminan 1 soatda 70—90°C da fosforitning 55—60% parchalanadi. Reaktordan chiqqan pulpa ikki oqimga bo'linadi. Uning bir qismi (yarimlari) sachratuvchi quritgichda quritiladi. Quritilgan mayda donali material donadorlanadi. Buning uchun uni shnekli aralashtirgich-



78- rasm. Fosforit uni va ekstraksion fosfat kislotasidan donador qo'sh superfosfatni uzluksiz ishlab chiqarish sxemasi.

1 — Fosforit uni uchun bunker; 2 — massa dozalagich; 3 — fosfat kislota uchun bosimli bak(idish); 4 — reaktor; 5 — yoqilg'i; 6 — sachratib qurutuvchi; 7 — taroqsimon uzatma; 8 — shnek; 9 — elevator; 10 — baraban quritgich; 11 — g'alvir; 12 — maydalagich; 13 — maydalangan bo'r bunkeri; 14 — tasmali transportyor; 15 — baraban neytrallagich.

donadorlagich(8)da pulpaning ikkinchi qismi bilan aralashtiriladi. Shu yerga bir oz retura ham qo'shiladi. So'ngra tarkibida 20–22% namlik saqlovchi superfosfat donalari namligi 3–4% qolguncha to'g'ri oqimli barabanli quritgich (10)da quritiladi.

Quritish jarayonida dastlabki ashyoning parchalanishi davom etadi va natijada ashyoning umumiy parchalanish darajasi 80–90%ga yetadi.

Barabanli quritgichdan chiqqan mahsulot g'alvirlashga yuboriladi. 1–4 mm kattalikdagi donachalar barabanli neytrallagich (15)da bo'r bilan neytrallanadi. 4 mm dan yirik zarrachalar maydalagich(12)da maydalanadi, 1 mm dan kichik zarrachalar bilan aralashtiriladi va aralashtirgich donadorlagichga retura sifatida qaytariladi.

Oddiy va qo'sh superfosfat o'simliklar oson o'zlashtiriladigan P_2O_5ni saqlaydi. Ta'sir muddati boshqariladigan o'g'itlarni olish uchun superfosfat donalari yupqa po'stloq bilan qoplanadi. Natijada

o‘g‘it uzoq muddat ta’sir kuchini saqlab qoladi. Ikkinchi yo‘li qo‘sh superfosfatni fosfarit uni bilan aralashtirish hisoblanadi. Shunday uzoq muddat ta’sir ko‘rsatadian fosforli o‘g‘itlari superfosni misol qilib ko‘rstishimiz mumkin. Superfos 37–38 % P_2O_5 saqlaydi, shundan yarimidan ko‘prig‘i suvda eruvchi va tez ta’sir qiluvchi shaklda bo‘lsa, yarimidan ozrog‘i sekin ta’sir qiluvchidir. Bunday o‘g‘itni qo‘llash tuproqqa samarali ta’sir muddatini uzaytiradi.

Bulardan tashqari, yana ftorsiz fosfaritlar ham ishlab chikariladi. Ular ham o‘g‘it, ham mol ozuqasi sifatida ishlatiladi. Bularga: kalsiy gidrofosfati (pretsipitat) ftorsizlangan fosfat va boshqalar kiradi.

Kalsiy gidrofosfat sanoatda H_3PO_4 ni ohakli suv yoki ohaktosh ta’sir ettirib olinadi:

$$H_3PO_4 + Ca(OH)_2 = CaHPO_4 \cdot 2H_2O$$

$$H_3PO_4 + CaCO_3 + H_2O = CaHPO_4 \cdot 2H_2O + CO_2$$

Pretsipitat (nemischa präzi pitierung so‘zidan olingan bo‘lib, cho‘kish ma’nosini anglatadi) tarkibida 41,25 % P_2O_5 saqlaydi. Bu suvda yomon eriydi. Ftorsizlangan fosfatni boyitilgan appatit yoki fosforitni gidrotermik (suv bug‘i ishtirokida kizdirish) parchalash bilan olinadi. Bu reaksiya 1400–1550°C haroratda 2 % gacha SiO_2 ishtirokida boradi. Reaksiya avval gidroksilapatit hosil bo‘lishi bilan boradi.

$$Ca_5(PO_4)_3F + H_2O = Ca_5(PO_4)_3(OH) + HF$$

So‘ngra gidroksilapatit SiO_2 ishtirokida parchalanadi.

$$2\,Ca_5(PO_4)_3(OH) + 0{,}5\,SiO_2 = 3\,Ca_3(PO_4)_2 + 0{,}5\,Ca_2SiO_4 + N_2O$$

Apatitning SiO_2ishtirokida gidrotermik parchalanish reaksiyasini bunday yozish mumkin.

$$Ca_5(PO_4)_3F + SiO_2 + H_2O = 10CaO + 3P_2O_5 \cdot SiO_2 + 2\,HF$$

Ftorsizlangan fosfat, tarkibida 28–41 % gacha P_2O_5 saqlaydi.

4- §. 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 kislota 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 kislota bilan parchalanganda quyidagicha reaksiya boradi.

$$Ca_5(PO_4)_3F+10HNO_3=3H_3PO_4+5Ca(NO_3)_2+HF+290\ kJ$$

Hosil bo‘lgan moddalar aralashmasi ammiak bilan neytrallanadi.

$$5Ca(NO_3)_2+3H_3PO_4+3NH_3=$$
$$=1{,}5\ Ca(H_2PO_4)_2+3NH_4NO_3+3{,}5Ca(NO_3)_2$$

$$1{,}5Ca(H_2PO_4)_2+3{,}5\ Ca(NO_3)_2+3NH_3=$$
$$=3CaHPO_4+3NH_4NO_3+2Ca(NO_3)_2$$

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.

$$2\ Ca(NO_3)_2+NH_3+2CO_2+2H_2O=2CaCO_3+4\ NH_4NO_3$$

Reaksiya umumiy holda yozilganda quyidagicha bo‘ladi.

$$5\ Ca(NO_3)_2+3H_3PO_4+10HNO_3+2\ H_2O=3\ CaHPO_4+$$
$$+10NH_4NO_3+2CaCO_3$$

Natijada tarkibida ikkita ozuqa element (N va P) saqlovchi o'g'it hosil bo'ladi, unga *nitrofos* deyiladi. Agar unga kaliyli tuzlar (KCI , 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

$$N\text{-}11\text{-}12\ \%;\ P_2O_5\text{-}10\text{-}11\ \%;\ K_2O\text{-}11\text{-}12\ \%.$$

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.

$$H_3PO_4 + NH_3 - NH_4H_2PO_4;$$
$$H_3PO_4 + 2\ NH_3 - (NH_4)_2HPO_4$$

Olingan gidro- va digidrommofoslar ko'pincha kaliy nitrat, karbamid, kaliy xlorid yoki kaliy sulfatlar qo'shish bilan uchta oziqa elementi saqlovchi nitroammofoska, karboammofoska 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 oziqa elementlari bor).

Azofoskni olish uchun, tabiiy fosfatlarni nitrat kislota bilan o'zaro ta'siri natijasida olingan eritmadan kalsiyni, kalsiy nitrat shaklida eritmasini sovitish yo'li bilan cho'ktirib ajratib olinadida, so'ngra ammiak bilan neytrallanadi. Shunday qilinganda suvda eruvchi fosfor saqlovchi fosfatlar olish imkoniyati tug'iladi. Reaksiyani umumiy holda quyidagicha yozish mumkin.

$$2H_3PO_4 + 1{,}5Ca(NO_3)_2 + 0{,}5HNO_3 + 4{,}25NH_3 -$$
$$3{,}5NH_4NO_3 + 1{,}5CaHPO_4 + 0{,}25\ NH_4H_2PO_4 + 0{,}25\ (NH_4)_2HPO_4$$

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.

5- §. Kaliyli o‘g‘itlar ishlab chiqarish

Kaliyli o‘g‘itlardan keng tarqalgani kaliy xlorid va kaliy sulfatdir. 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 $K_2SO_4 \cdot 6H_2O$ boshqalardir. Rossiyaning yirik kaliyli tuz konlariga Ural (Verxnekamskiy va Verxnepechorskiy), Belorusiyadagi Starobinskiy, g‘arbiy Ukrainadagi Prikarpatskiy, O‘rta Osiyodagi Gaurdakskiy, Karlyukskiy, Jilyanskiy va boshqalarni ko‘rsatish mumkin.

Kaliy xlorid silvinitdan gallurgiya usuli bilan ajratib olinadi (gallurgiya yunoncha so‘z bo‘lib, «sho‘r ish» ma’nosini anglatadi). Bu usul KCl va NaCl ning eruvchanlik harorat koeffitsienti 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 unda 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 NaCl dan ajratish keng tarqalmoqda. Yana grovitatsiya (KCl va NaCl ni zichligi har xilligidan foydalanib ajratish usuli), elektrostatik seperatsiya (qarama-qarshi zaryadlangan zarrachalarning elektr maydonida ajralishiga asoslangan usuldir) usullari ancha istiqbolli

hisoblanadi. Xlorsiz kaliyli o'g'it, masalan, K_2SO_4 Rossiyada asosan Prikarpatskiy konidagi (zaxirasi 2,5 mlrd. t.) xlorid sulfatli kaliyli minerallardan, gallurgiya va flotatsiya usullari bilan olinadi.

6- §. 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 erga solinadigan normasi 0,1—3 kg atrofida bo'ladi. 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, gormonlar, 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 ba'zi foydali xossalarini 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 almashinuvini buzilishiga, ularni turli kasalliklarga chalinishiga olib keladi. Masalan, borning yetishmasligi bahorgi bug'doy, kanop va qand lavlagini kasalliklarga chidamliligini kamaytiradi, marganets yetishmasligi fotosintez jadalligini kamaytiradi, molibden yetishmasligi barglarda nitratlarning to'planishiga va hosilida oqsilning kamayishiga, temirning yetishmasligi esa barglar xloroziga sabab bo'ladi.

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 eqiladigan 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.

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, kompleksonatlar (ichki kompleks birikmalar); firitlar (qattiq aralashmalar suyuqlanmasidan olinadigan shishasimon yoki metalsimon 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.

Borli o'g'itlar. Mikroo'g'itlar orasida eng keng tarqalgani borli mikroo'g'itlardir. Eng konsentratlangan borli o'g'it borat kislotasi - H_3BO_3 dir. Uni urug'larga sepganda talk bilan aralashtiriladi (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 bormagliyli 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 mg atrofida bo'ladi. Misli o'g'it sifatida sulfat kislota ishlab chiqarishda hosil bo'ladigan kolchedan kuyundisi va mis ishlab chiqarishda hosil bo'luvchi kuyundilar qo'llaniladi. Ular tarkibida 0,3—0,6 % mis va boshqa mikroelementlar: Zn, Co, Mo saqlaydi. Konsentrlangan misli o'g'it sifatida mis

kuparosi, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (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 % — Su 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 ruhli belila ishlab chiqarish korxonalarining chiqindisidan olinadigan PMU-7 markali (*polimernoye mednoye udobreniya)* so'zlarining bosh harflaridan olingan, 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 marganetsli rudalarni ho'l usulda boyitilganda hosil bo'ladigan chiqindi ham ishlatiladi. U tarkibida 14 % gacha MnO_2 ushlaydi, ammo u 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 $3(NH_4)_2O \cdot \cdot 7MoO_3 \cdot 4H_2O$ yoki ammoniy molibdat $5(NH_4)_2O \cdot 12MoO_3 \cdot 7H_2O$ hamda natriy-ammoniy molibdatlar kiradi. Bular ferroqotishmalar ishlab chiqarish chiqindilaridan hamda elektr lampochkalar ishlab chiqarish chiqindilaridan olinadi. Ularning 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.

Shuningdek, 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 % B, 2,8% Cu, 5,5 % Zn, 0,1 % dan Mo, Co va J, 11 % Mn saqlaydi. Ular massasi 0,18 va 0,36 g li tabletkalar shaklida hamda kukunlar shaklida chiqariladi.

V BOB. SILIKATLAR TEXNALOGIYASI

1- §. Silikatli materiallarning klassifikatsiyasi va ishlatilishi

Silikatlar, yarimsilikatlar, alyumosilikatlar aralashmasi yoki suyuqlanmalaridan tashkil topgan materiallarga *silikatlar* deb, ularning ishlab chiqaruvchi sanoat tarmog'iga *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 yunoncha «keramikos» so'zidan olingan bo'lib, giltuproq degan ma'noni anglatadi. Keramik materiallar va buyumlar asosan turli xildagi giltuproqlardan hamda ba'zi bir oksidlardan (SiO_2, MgO, Al_2O_3, Fe_2O_3, FeO, CaO va boshqalar) tayyorlanadi. Sopol materiallar va buyumlarni tayyorlashdagi umumiylik, pishirish jarayonida xomashyo yumshab, zarrachalarning bir-biriga yopishib yaxlitlanishidir. Bunda xomashyo tarkibidagi oson suyuqlanuvchi aralashmalarning mayda zarrachalari bilan sovush 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 guruhga: g'isht, fayans, kafel (koshin), cherepitsa (tomga yopiladigan sopol), terrakota (jigarrang sopol), kulol va o'tga chidamli buyumlar (shomot, dinas va boshqalar) kiradi.

Ikkinchi guruhga: chinni, kimyo sanoati uchun kislotalarga chidamli buyumlar, yo'lka va qoplama plitalar va boshqalar kiradi.

Sopol 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 alyumosilikatlarni hamda boshqa mineral moddalarni quydirilsa 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 izolyatsiyalovchi (o'tkazmaydigan) materiallar qurilish va bezak ishlari tayyorlashda keramik quvurlar olishda, elektrotexnika va radiotexnika sanoatida turli xildagi chinni izolyatorlar, isitish asboblari uchun har xil keramik qismlar, sanitariya-gigiyena (ozodalik) texnikasi narsalari va hokazolar tayyorlashda ishlatiladi.

Sopol materialariga 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 yaratiladi.

2- §. Keramika buyumlari

Keramika deb, turli mineral ashyolardan, asosan tabiiy giltuproqdan, dolomit, magnezit, kvarsit, talk va shunga o'xshash boshqa materiallardan tayyorlangan buyumlarga aytiladi.

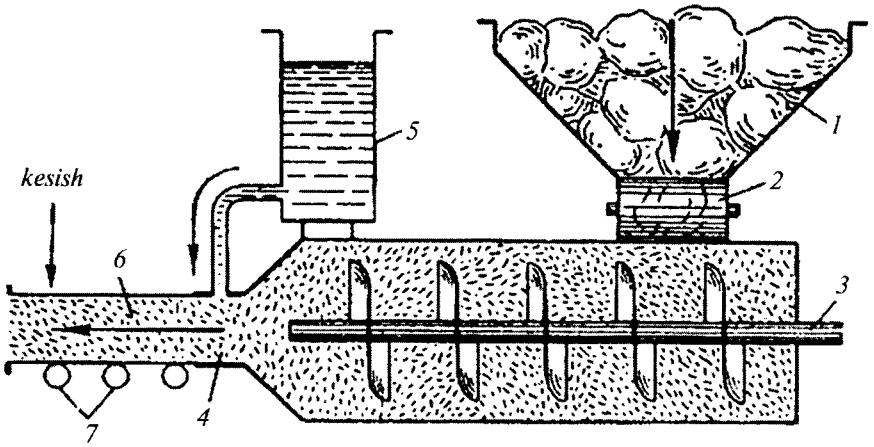
Nisbatan keng tarqalgan va eng ko' ishlab chiqariladigan keramik materiallarga qurilish g'ishtlari kiradi.

Qurilish g'ishtlari uchun xomashyo ko'p uchraydigan, keng tarqalgan, oson suyuqlanuvchi tuproq bo'lib, uning tarkibi 53–81% SiO_2, 7–23% Al_2O_3, 2–8% Fe_2O_3, 14% gacha CaO va ozroq miqdorda MgO hamda ishqoriy metallarning oksidlari va boshqa aralashmalardan iborat bo'ladi. G'isht aralashmalardan iborat bo'ladi. G'isht kuydirilganda pemir birikmalari oksidlanib g'ishtga qizil rang beradi. Agar tuproq tarkibida qum kam bo'lsa, unday tuproqdan tayyorlangan materiallar pishirilganda «o'tiradi», ya'ni hajmi kichrayib yoriladi, nuqsonli bo'ladi. Shuning uchun ham g'isht tayyorlash uchun tuproqqa ko'pincha qum qo'shiladi.

Keramik buyumlarni tayyorlash uchun avval tarkibida barcha zarur elementlari bo'lgan xomashyodan loy tayyorlanadi. Olingan loyga biror-bir shakl beriladi. Loyga shakl berish ikki usulda amalga oshiriladi: plastik usul va yarim quruq usul.

Plastik usulda shakl berib g'isht olish uchun tuproq qum bilan aralashtirilib 18–25% gacha suv solinib, loy tayyorlanadi. Bu jarayon turli xildagi aralashtirgichlarda amalga oshiriladi. Shakl berish lentali

presslash mashinasida olib boriladi (79- rasm). G'isht loyi mashinaga qadaq(1) orqali kiradi. So'ngra shnek (3) loyni surib presslash mushtugi(4)ga (nayga) o'tkazadi. U erda loy yana qo'shimcha aralashchadi, zichlashadi. Namlagich (5) dan mushtukni ho'llash uchun suv berib turiladi (loy tiqilib qolmasligi uchun). Mushtukda lenta (tasma) shaklini olgan loy kesuvchi mashina(6) bilan yoki qo'lda g'isht shaklida kesiladi.



79- rasm. Lentali press apparati.
1 — ortish qadag'i; 2 — valslar — yoyuvchi; 3 — shnek; 4 — press mundshtugi; 5 — ho'llagich; 6 — lenta(tasma) ko'rinishidagi loy massasi; 7 — tayanch roliklar.

Tayyor bo'lgan g'isht avval tabiiy holda ochiq havoda yoki maxsus quritgichlarda quritiladi. Maxsus quritgichlarning takomillashgan turi tunnelda (yer ostidagi joylar va yerto'lalarda) quritishdir. Tunnelning uzunligi 50 m bo'lib, uning bir tomonidan yoqilg'ining yonishidan hosil bo'lgan issiq gazlar oqimi harakat qilsa, unga qarama-qarshi tomonga qarab xom g'isht ortilgan vagonchalar harakat qiladi. Tunnelda quritishning ustunligi shundaki, bunda ishlab chiqarish jarayoni uzluksiz boradi, doimiy rejimda va tez quriydi(bunda g'isht 2–3 kunda quriydi). Agar g'isht loyiga elektrolitlar (tuzlarning eritmalari) qo'shilsa, tez quriydi. G'isht pishirilgandan keyingina

yetarli mustahkamlikka ega bo'ladi. Plastik usulda olingan g'ishtlar 900–1050°C da yarim quruq usulda olingan g'ishtlar esa 950–1100°C da kuydiriladi.

G'isht yarim quruq usulda ishlab chiqarilganda xomashyoni tayyorlash: tuproqni quritish, maydalash va yaxshilab aralashtirishdan iboratdir. Tuproq turli konstruksiyali apparatlarda quritiladi. Ulardan mahsuldorligi yuqori bo'lgani quritish barabanlaridir. U to'g'ri oqim prinsipida ishlaydi. Barabanning bir tomonidan ham tuproq, ham issiq gaz kiritiladi. Bunda tuproq harorati 110°C dan yuqori bo'lishiga yo'l qo'yilmaydi, chunki bundan yuqori haroratda tuproq plastiklik xossasini yo'qotadi. Quritilgan tuproq maydalashga yuboriladi va elakda elanadi. Elangan tuproq kukuni kerakli miqdordagi qum bilan aralashtirilib suv yoki bug' bilan (8–12%gacha) namlanadi va shakl beriladi. Bu ishlarning barchasi mexanizatsiyalashtirilgan. Presslashda yuqori bosimni (10^7–$2{,}5 \cdot 10^7$ n/m^2) qo'llash g'isht sifatini oshiradi, chunki bunda tuproq zarrachalari yuqori darajada zichlashadi.

Mexanik presslash mashinalarining mahsuldorligi soatiga 5 ming dona g'ishtga teng. Lentali presslash mashinasining mahsuldorligi esa 10 ming dona soatga teng.

Yog'och qipiqlari aralashtirib tayyorlangan g'ishtlar ham muhim ahamiyatga ega bo'lib, pishirilganda qipiqlar yonib ketishi tufayli g'ovak g'ishtlar hosil bo'ladi. Bunday g'ovak g'ishtlar issiqlikni yaxshi saqlab turish (izolyatsiyalash) xossasiga ega bo'ladi. Ichi bo'sh – g'ovak g'ishtlar ham keng qo'llaniladi. Uni tayyorlash uchun lentali presslash mashinasining mushtugiga temall sterjen o'rnatiladi va sterjen g'isht orasida qolib g'ovak hosil qiladi. Presslash mashinalarida esa sterjen loyni bosib unda g'ovaklar hosil qiladi. Yuqori harorat ta'sirida ishlovchi apparatlar va metallurgiya pechlarini qurishda o'tga chidamli g'ishtlar ko'p ishlatiladi. O'tga chidamli g'ishtlarning issiqlik ta'sirida kengayish koeffitsienti kichik bo'lishi kerak, haroratning keskin o'zgarishiga chidamli bo'lishi, mexanik mustahkamligini saqlab qolishi, suyuq metall va shlak ta'siriga chidamli bo'lishi kerak.

O'tga chidamli materiallarning muhim guruhiga alyumosilikatli materiallar kiradi. Ular tarkibiga qarab yarim nordon (65 % dan ko'proq SiO_2 va 30 %dan kamroq Al_2O_3), shomotli (30–45% Al_2O_3) va glinozyomliga (aluminiy oksidli 4 5%dan ko'proq Al_2O_3) bo'linadi.

Bulardan eng ko'p ishlab chiqariladigan shomotli o'tga chidamli materiallardir. Uni olish uchun asosiy xomashyo o'tga chidamli giltuproq – kaolin ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) bo'lib tarkibida kvars (SiO_2–minerali), organik moddalar va boshqalar bo'ladi. Xomashyo kuydirilib sovutiladi va yaxshilab kukun holiga kelguncha maydalanadi. Maydalangan shomot kukuni o'tga chidamli tuproq bilan 1:1 yoki 4:1 nisbatda aralashtirilib suv bilan loy qorilib g'isht tayyorlanadi va qayta 1300–1450°C da pishiriladi. Pishirilganda kaolin parchalanib mullit hosil bo'ladi:

$$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O = 2H_2O + Al_2O_3 \cdot 2SiO_2,$$

$$3(Al_2O_3 \cdot 2SiO_2) = 3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 + 4SiO_2$$

Mullit

Bu reaksiyada ajralib chiqqan SiO_2 xomashyo tarkibidagi begona aralashmalar bilan birga qo'shilib suyuqlanadi va mullit zarrachalarini bir-biriga bog'laydi, yopishtiradi. Bunday shomot g'ishtlari 1600–1750°C gacha o'z mustahkamligini saqlaydi. U kislotali va asosli shlaklarga hamda suyuq shishaga chidamli bo'ladi. Binolarning old tomoni devorini bezash uchun ishlatiladigan g'ishtlar va plitachalar xom shomotli materiallarga kiradi. Glinozyomli materiallar ham shomotli materiallardek tayyorlanadi. Bunda xomashyo sifatida sillimonit va kianit ($Al_2O_3 \cdot SiO_2$) minerallari yoki o'tga chidamli tuproqqa glinazyom (Al_2O_3) qo'shib foydalaniladi. Bunday g'ishtlar 1750–1950°C gacha chidamli bo'ladi. Glinozyomli g'ishtlar asosan elektropechlar, shisha suyuqlantirish pechlari va tunnel pechlarini qurishda ishlatiladi.

Keng tarqalgan o'tga chidamli materiallardan yana biri dinasdir. Dinas tarkibida 93 %dan kam kvars (SiO_2) saqlamaydi. Kuydirilganda boshqa minerallarga(tridimit va kristobalitga) aylanadi. Dinas xomashyosi kvarsit bo'lib, u kuydirib, maydalanib va elanib olingach bog'lovchi materiallar: aluminiy oksidi, temir oksidi va boshqalar qo'shiladi, so'ngra suv qo'shilib loy qoriladi va mexanik presslash mashinalarida shakl berilgach buyum kuydiriladi. Kuydirish jarayoni juda ehtiyotkorlikni talab etuvchi operatsiyadir. Kuydirganda hajmning ortishi bilan jarayon, ya'ni kvarsning polimorf o'zgarishi sodir bo'ladi. Natijada tridimit va kristobalit hosil bo'ladi. Kuydirish paytida 3–4 sutka davomida harorat sekinlik bilan bir tekisda oshirib boriladi.

Sovutilganda ham bir tekisda ohistalik bilan 3–4 sutka mobaynida sovutiladi. Dinas nordon g'isht bo'lib, nordon shlaklarga juda chidamli bo'ladi. Uning o'tda chidamliligi 1690–1730°C gacha bo'ladi. U asosan, shisha pishirish pechlari va koks pechlarini qurishda ishlatiladi.

Magnezit g'isht uchun xomashyo magnezitdir ($MgCO_3$), u kuydirilganda magniy oksidga aylanadi, so'ngra unga yopishtiruvchi moddalar (sulfat – spirtli barda, spirtni haydaganda qoladigan qoldiq, spirt ishlab chiqarish mavzusiga qarang) qo'shilib, 1600–1750°C da kuydiriladi.

Magnezitli g'ishtlar asosli bo'lib, asosli shlaklar ta'siriga yaxshi chidaydi. Uning o'tga chidamliligi (2300–2500°C ga teng bo'lib, asosan elektr pechlari va marten pechlarini qurishda ishlatiladi. Dolomitli g'ishtlar magnezitli g'ishtlar kabi tayyorlanadi. Uning xomashyosi dolomitdir ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$). Xromomagnezitli g'ishtlarning tarkibi asosan xromit($FeCr_2O_4$) va magniy oksididan (MgO) iborat bo'ladi. Ular kimyoviy ta'sirotlarga chidamli bo'lib, 2000°C dan yuqoriroq haroratga chidaydi va asosan metallurgiya sanoatida ishlatiladi.

Koroundli o'tga chidamli materiallar asosan aluminiy oksididan iboratdir.(Al_2O_3 s.t. 2050°C). Bunday materiallar haroratning keskin o'zgarishiga chidamli bo'lib, ulardan tigellar (shisha suyuqlantirish pechlari tayyorlanadi. Ular yuqori harorat va kislotali shlakka chidamli bo'lib, asosan quyuv qoliplari, retortalar, elektr pechlarining ichki qoplamlari tayyorlash uchun ishlatiladi. Sirkoniy oksidi (ZrO_2 s.t. 2687°C) va toriy oksidi (ThO_2s.t. 3050°C) asosida tayyorlangan materiallar eng yuqori o'tga chidamlilik xossasiga ega bo'ladi. Ular asosan rangli metallurgiyada tigellar, quvurchalar, qayiqchalar va hokazolar tayyorlashda ishlatiladi.

Uglerodli o'tga chidamli materiallar, maydalangan koksni toshko'mir smolasiga aralashtirish yo'li bilan tayyorlandi. U qizdirilganda suyuqlanmaydi. Bunday materiallar domna pechlarida, rangli metallurgiya pechlarida hamda aluminiy suyuqlantirilib olish elektrolizyorlarini tayyorlashda ishlatiladi.

Chinni va fayans. Chinni fayansdan kimyoviy tarkibi bilan farq qiladi. Chinnining shixtasi tarkibida kvars (SiO_2) va dala shpati ($Na_2O(K_2O) \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$)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. Chunki ikki xil: qattiq va yumshoq bo'ladi.

Qattiq chinni ko'pincha kimyoviy idishlar, yuqori voltli va izolyatorli (tok o'tkazmovchi buyumlar) va boshqa texnik buyumlar tayyorlash uchun ishlatiladi. Yumshoq chinni mustahkamligi biroz past, ammo yaltiroq, tiniq bo'ladi. Undan asosan xo'jalik idishlari (choynak, piyola , kosa, tavoq va hokazolar) hamda 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, aralashtirib loy qoriladi va shakl berilib, 1350—1450°C haroratda kuydiriladi. Yumshoq chinni uchun shixta tarkibi 25—40 % giltuproq minerallaridan (kaolin) 20—45 % kvars, 30—35 % dala shipatidan iborat bo'ladi va 1300—1350°C da kuydiriladi.

Fayans ham ikki xil qattiq va yumshoq bo'ladi. Qattiq fayans sanitariya texnik 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 tarkibida 25—30 % kaolin va giltuproq, 25—30 % kvars va 10 % dala shipati kiradi. Yumshoq fayans 30—35% kaolin va tuproq, 36% kvarsdan tayorlanadi. 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 xo'l usulda presslarda shakl beriladi. Murakkab shaklli buyumlar mayin dispersli suvli suspenziyadan quyish yo'li bilan tayyorlanadi. San'at buyumlari va standart

bo‘lmagan buyumlar 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 buyumning 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’sirlarga mustahkam qiladi. Uch xil glazurlar keng qo‘llaniladi: ishqoriy - yer glazuri (kislota va ishqorlarga chidamli buyumlar uchun), sho‘r glazurlar va qo‘rg‘oshinsiz glazurlari.

Glazurlarning suyuqlanish harorati sopol buyumlarning suyuqlanish haroratiga mos bo‘lishi kerak. Shuning uchun ham glazur tarkibiga plavney (giltuproq) qo‘shiladi, (masalan, dala shpati). Chinni buyumlar uchun glazur tarkibi taxminan quyidagicha 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 glazurdan foydalaniladi. Ularni pechda kuydirayotganda, kuydirish tugash oldidan pechga ozroq osh tuzi solinadi. Bunda osh tuzi bug‘lanib, uning bug‘lari kuydirilayotgan tosh buyumlar tartibidagi kremniy va aluminiy birikmalari hamda suv bug‘lari bilan birikib natriy silikatlar va natriy alyumosilikatlarni hosil qiladi.

Kuydirilgan buyumlarga rasmlar va turli naqshlar, har xil usullar bilan qo'lda chiziladi, trafaretlar yordamida pulverizatorlar orqali bo'yoqlar purkaladi, fotokeramika usuli bilan dekalkomeniya (qog'ozdagi rasmlarni chinni buyumlarga yopitirib o'tkazish) usuli yoki bo'yoqlarni shtampovkalash (qoliplash) usulida beriladi. Bu usullardan dekalkomaniya keng tarqalgani usuli bo'lib, bunda rasm keramik bo'yoqlarda qog'ozga chizilgan bo'ladi. Nakleykalar buyumlarga yopishtiriladi, maxsus ishlov berib mustahkalangan buyum quritiladi, so'ngra pechda kuydiriladi. Fotokeramika usulida kuydirilgan va ko'pincha glazurlangan buyumlarga yorug'lik sezgir yupqa qatlam tushiriladi va rasmga olinadi, pechkada pastroq haroratda kuydiriladi.

Keramik bo'yoq sifatida asosan turli metallarning oksidlari va tuzlari ishlatiladi: silikatlar, boratlar, aluminatlar. Temiri 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 (CuO) — ko'k, surma oksidlari — to'q sariq ranglar hosil qiladi. Buyoqlar buyumlarga birinchi kuydirilgandan keyin 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 tunelli pechlardir (40- rasm). Tunelli pechlarda uzun (160 metrgacha uzunlikda) kuydirish kanali bo'lib, u kanal ichida temir yo'l o'rnatilgan. Temir yo'ldan kuydiriladigan buyumlar ortilgan vagonlar 3 davriy ravishda harakat qilib 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 qalqonlar o'rnatilagan bo'lib, qalqonlar vagonlar bilan birga qum to'siq vazifasini ham o'taydi (issiqlik o'tkazmalik uchun qo'yilgan yopqich) orqali harakat qiladi.

Pech gaz yoki suyuq yoqilg'i bilan 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'tdi. Bu yerda buyumning kuyish jarayoni boradi, unda haroratning 1000—1700°C da 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 orqali garelkaga kiritiladi. Kuydirish zonasidan chiqgach, vagonchalar sovitish zonasiga o'tadi va bu yerda buyumlar sovigan pechdan chiqarib olinadi. Tunelli pechlarda qarama-qarshi oqim prinsipi va yoqilg'i yonishidan hosil bo'lgan issiq gazlardan foydalanilganligi tufayli yoqilg'ini ancha iqtisod qilish imkonini beradi hamda jarayonning to'xtovsiz borishi, mexanizatsiyalanganligi bunday pechlarning yuqori mahsuldorligini (yiliga 150 ming tonnagacha) ta'minlaydi. Keyingi yillarda plitalar va yupqa idishlarni kuydirishdan konveyrli pechlardan foydalanilmoqda. Bunda buyumlar o'tga chidamli g'ildirakchali taglikda harakat qiladi. Buyumlarni kuydirish muddati bir tekisda qizdirilganligi va sovitilganligi tufayli bir necha soatlarda tugaydi. Tunelli pechlarda esa bir necha sutkada tugashi yuqorida aytilgan edi.

Respublikamizda chinni va fayans buyumlar ishlab chiqarish sanoati ancha kech barpo etildi. Eng keksa (birinchi) chinni zavodi Toshkent chinni zavodidir. U 1954- yilda qurilib, mahsulot bera boshladi. Keyinchalik Samarqand chinni zavodlari (1975- yil), Angren keramika kombinati (1976- yil), Quvasoy chinni zavodlari (1979- yil) qurildi. Hozirgi paytda O'zbekistonning chinnilari nafaqat respublikamizda balki, chet ellarda ham mashhur bo'lmoqda.

3- §. Mineral bog'lovchi moddalar

Bog'lovchi modda deb, suv bilan aralashtirilganda suyuq yoki plastik-xamirsimon massa hosil qilib, ma'lum vaqt o'tgach qotib, qattiq toshga aylanuvchi moddalarga aytiladi.

Bog'lovchi moddalar mineral va organikka bo'linadi. Organik yopishtiruvchi moddalar: smolalar, bitumlar, organik elimlar va hokazolar bu qo'llanmada o'rganilmaydi.

Mineral bog'lovchi moddalar havoda va suvda qotuvchi moddalarga bo'linadi. Havoda qotuvchi moddalar faqat havoda qotadi, masalan, ohak gips va magnezial va bog'lovchi moddalar. Gidravlik yopishtiruvchi moddalar ham havoda, ham suvda qotadi. Masalan, gidravlik ohak, potlandsement va boshqa sement turlari.

Havoda qotuvchi va bog'lovchi moddalar. Havoda qotuvchi-bog'lovchi moddalardan ko'p ishlab chiqariladigani ohakdir. Ohak sanoatda yuqori haroratda ohaktoshni yoki bo'rni kuydirib olinadi.

$$CaCO_3 \rightleftarrows CaO+CO_2$$

Haroratni oshirish va hosil bo'lgan CO_2 ni reaksiya muhitidan chiqarib olish reaksiyani o'ngga siljitadi. Reaksiya 898—900°C da boradi, ammo, uni 1200°C da olib boriladi. Ohaktoshni kuydirish ko'pincha shaxtali pechlarda, ba'zan esa aylanib kuydiruvchi pechlarda amalga oshiriladi.

Shaxta pechlari silindrsimon, ko'pchilik hollarda esa pechni o'rta yoki ostki qismi biroz kengaygan holda bo'ladi. Pechning balandligi 30 m, diametri 4,5 m bo'lib, tashqi tomon oddiy, ichki qismi esa o'tga chidamli g'ishtlardan yasaladi. Yoqilg'i sifatida ko'mir yoki tabiiy yonuvchi gaz qo'llaniladi. Xomashyo pechning tepasiga shnek orqali ko'tarilib, to'kuvchi qadoq orqali pech ichiga to'kiladi. Shixta pech ichida tekis to'kilishi uchun taqsimlovchi konus ham o'rnatilgan, pechning tepa qismida shixta chiqib ketuvchi issiq gazlar ta'sirida quriydi va qiziydi. O'rta qismda esa harorat 1000—1200°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. Ulitaning aylanishi natijasida hosil bo'lgan ohak 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, kant, karbamid, quruq muz va boshqalar olishda) ishlatiladi. Shuning uchun ham u havoga chiqarib yuborilmay balki, ushlab olinadi. Buning uchun gaz siklon apparatlarda yoki elektrofiltrlarda changdan tozalaniladi, so'ngra

nasadkali minoralarda suv bilan yuviladi va potash eritmasiga yuttiriladi, natijada hosil bo'lgan kaliy gidrokarbonati 70—80°C haroratda qizdirilib parchalanadi.

$$2KHCO_3 = K_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

Olingan CO_2 ko'ritiladi va kerakli joyda bevosita yoki bosim ostida suyuqlantirilib ishlatiladi. Olingan ohak esa *so'ndirilmagan ohak* deyilib, u suv bilan so'ndiriladi. So'ndirish jarayoni maxsus so'ndirgichlarda (gidrotatorlarda) olib boriladi. So'ndiruvchi suv ko'proq solinsa, so'ndirilgan ohakning xamirsimon massasi hosil bo'ladi, kam solinganda esa kukun holidagi ohak hosil bo'ladi. So'ndirilgan ohakning bir qismiga qism qum yoki bir qismiga sement va qism qum aralashtirilib, suv bilan loy qorilganda ohakli yoki ohak-sementli eritma deb ataluvchi xamirsimon massa hosil bo'ladi, bunday eritmadan g'isht terishda bog'lovchi modda sifatida yoki uy devorlarini andova (shtukatura) qilishda foydaniladi. Bu loy qotganda suv bug'lanib ketishi natijasida eritmadan $Ca(OH)_2$ning mayda kristallchalari ajralib chiqadi hamda havo tarkibidagi CO_2 ta'sirida ohak $CaCO_3$ga aylanadi:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

Hosil bo'lgan $Ca(OH)_2$ va $CaCO_3$ kristallari bir-biri hamda qum zarrachalari bog'lanib mustahkam toshga aylanib qoladi. Ammo bu jarayon uzoq yillar (100 yillargacha) davom etadi.

Ohak yana oq silikatli (ohak-qumli) g'isht tayyorlashda foydalanadi. Buning uchun 92—95 %li qum va 5—8 % so'ndirilmagan ohak aralashtirilib, suv bilan loy qorishtiriladi. Qorishmada yarim quruq usulda g'isht tayyorlanadi. Bunday g'isht 175°C haroratgacha bug' bilan qizdiriladi. Bundan kimyoviy reaksiya borib, kalsiy gidrosilikati hosil bo'ladi ($CaO_*SiO_{2*}nH_2O$) va qum zarrachalarini yopishtirib oladi. Ohak so'ndirilmagan yoki so'ndirilgan holda xlorli ohak, soda olishda, qand 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 ikkalasiga past haroratda va yuqori haroratda kuydiriluvchi moddalarga bo'linadi.

Qurilish ishlarida ishlatiladigan gips tabiiy gipsni ($CaSO_4 2H_2O$) 140-190°C haroratda kuydirib olinadi. Olingan gidrat ($CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$) maydalanib qurilish ishlarida foydaniladi. Masalan, qurilish panellari haykaltaroshlik buyumlari, keramik buyumlarning qoliplarini tayyorlashda, tibbiyotda singan-chiqqanlarni gipslashda, tish plombasida, ohak va qum aralashmasi esa andovalash ishlarida ishlatiladi. Gipsning qotish jarayoni 0,5 mol suvli (yarim gidratli) gipsning suvda erib 2 mol suvli, suvda erimaydigan gipsga aylanishiga asoslangan. Gips loyi tez (5—15 daqiqada) qotadi, uni qotishini sekinlashtirish uchun, unga ohak, elim, organik materiallar (masalan, spirtli barda) qo'shiladi. Yuqori haroratli kuydiriluvchi gips 900—1100°C da kuydirib olinadi.

$$2CaSO_4 \rightarrow 2CaO+2SO_2+O_2$$

Uning tarkibi (CaO)n ($CaSO_4$)m formulaga mos keladi, chunki $CaSO_4$ning bir qismi pachalanib qoladi. Bunday gips asosan sun'iy marmar toshlar olishda, uning pollarini tayyorlashda va boshqa qurilish materiallari tayyorlashda ishlatiladi. Uning qotishi asosan CaO ning gidratlanishi va qisman $CaSO_4$ ning gidratlanishi hisobiga boradi.

Magnezial bog'lovchi moddalar ham ishlab chiqariladi. Ular magnezitni yoki dolomitni shaxtali yoki aylanib kuydirish pechlarida 750—850°C haroratda kuydirib olinadi. Dolomit tarkibidagi $CaCO_3$ bunday haroratda parchalanmaydi. Kuydirilgan mahsulot sharli maydalagichlarda maydalanadi.

Magnezial bog'lovchi moddalar suvda emas, balki $MgCl_2$ eritmasida loy qorilib qotiriladi. Chunki suvda loy qilinib qotirilsa, sekin qotadi hamda qotgan toshi mustahkam bo'lmaydi. $MgCl_2$ 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 nadjak, korund, kvars qumi qo'shilsa, undan charx toshlari olinadi, yog'och qipiqlar qo'shilsa, turli issiqlik va tovush o'tkazmaydigan materiallar olinadi.

Gidravlik bog'lovchi moddalar. Sement. Gidravlik bog'lovchi moddalarga turli xil sementlar kiradi. Ulardan eng muhimi

portlandsementdir (Bu nom Angliyaning ushbu sement birinchi marta ishlab chiqarilgan Portland shahri nomidan olingan). Uni olish 75—80 % kalsiy karbonat (Ohaktosh, bo'r yoki marmar tosh), 20—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 minerallar zarrachalarining taxminan 3:1 nisbatdagi tabiiy aralashmasidan iborat mineraldir). Shaxtaga domna pechlarining shakllari va changlari ko'mir yoki slanes kullari, pirit kuyundilari qo'shiladi.

Portlandsement ishlab chiqarish ikki usulda, quruq va xo'l usulda amalga oshiriladi. Bu usul keng tarqalgan va iqtisodiy jihatdan samarali va mahsuldorligi yuqori usuldir. Bu usulda shixta tarkibiga kiruvchi barcha moddalar maydalanib aralashtiriladi, so'ngra sharchali maydalagichlarda suv ichida kukun holiga keltiriladi va suv bilan aralashib shlam-quyuq suspenziya hosil bo'ladi, shlam (tarkibida 35-40 % suv saqlaydi) bir jinsli massa emas, shuning uchun u nasoslar yordamida katta basseyinga olinadi va u yerda siqilgan havo bilan yaxshilab aralashtiriladi, kimyoviy tarkibida aniqlanadi.

Shundan keyin u yerda aylanuvchi pechga, kuydirish uchun olinadi. Pech (39- rasm) uzunligi 185 m diametri 5 m gacha bo'lgan po'lat baraban(1)dan iborat bo'lib, $2—5^0$ qiya holda o'rnatilgan, shixta barabanning baland qismidan past qismiga o'zi oqib keladi, uning ichi shomot va xromomag-nezitli g'isht bilan qoplangan. Barabanga po'lat xalqalar-belbog'lar (2) kiygizilgan, belbog'lar tayanch gildirakchalarga (3) o'rnatilgan, uning yordamida hamda tishli-g'ildirak (shesterna) (5) va elektromotor (4) yordamida baraban aylanadi (bir daqiqada 0,5—1,2 marta).

Shlam ta'minlagich (6) yordamida uzluksiz pechga solinib turiladi va u yerda yoqilg'ining (ko'mir, gaz, suyuq yoqilg'ilar) yonishidan hosil bo'lagan 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^{0}C da hosil bo'lgan kalsiy oksidi SiO_2 Al_2O_3.Fe_2O_3 lari bilan birikib, sun'iy minerallarga aylanadi.

Kalsiy oksidi va kremniy oksididan ikki kalsiyli silikat (belit) $2CaO \cdot SiO_2$ hosil bo'ladi, belit suyuqlanma holda bo'lib, kalsiy oksidi bilan birikib qattiq holdagi uch kalsiyli silikatga (alit) $3CaO \cdot SiO_2$ aylanadi. Shu bilan bir qatorda oz miqdorda uch kalsiyli aluminatning suyuqlanmasi -$3CaO.Al_2O_3$ va to'rt kalsiyli alumoferritlar $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ (brounmillerit) ham hosil bo'ladi. Keyinchalik harorat 1450°C gacha ko'tarilgach, belitlar suyuqlanib, bir-biriga yopishib unchalik katta bo'lmagan bo'laklarga - klinkerga 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 % ga oshiradi.

Klinker pishirish zonasidan chiqgach, sovitgichga o'tadi va u yerda yonishi uchun kiritilgan (qarama-qarshi oqimda) sovuq havo ta'sirida soviydi (50-200°C gacha). 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 maydalachilarda kukun holga kelguncha kattalligi 0,1 mm dan kichik bo'lguncha yaxshilab maydalanadi.

Maydalash jarayonida qotishni sekinlatish uchun unga 5 % gacha gips toshlari qo'shiladi va qotish paytida ajralib chiqariladigan kalsiy gidroksidini biriktirib olish uchun (suvga chidamligi shunday yo'l bilan oshiriladi) esa 15 % gacha gidravlik qo'shimchalar (tabiiy kremnazyomning turli xillari) qo'shiladi.

Pechning mahsuldorligi 1800 t/sutka yoki 650 ming t/yilga teng. Sement suv bilan aralashtirib loy qilingach, ko'pi bilan 45 daqiqadan keyin qota boshlaydi, 12 soatdan keyin qotadi. Uning qotib toshga aylanish jarayoni uzoq vaqt davom etadi. Qotish hodisasining tizimi rus olimlari A.A. Baykov va P.A. Rebinderlar tomonidan o'rganilgan bo'lib, ularning nazariyasiga asosan sement menerallari gidratlanadi. Avval suvda qisman eriydi, sement zarrachalari yemiriladi so'ngra suv bilan birikib, gidrosilikatlar va gidroalumintlarga aylanadi:

$$3CaO.SiO_2+nH_2O = xCa(OH)_2+uCaO.SiO_2 \cdot nH_2O$$

$2CaO \cdot SiO_2 + nH_2O = 2CaO \cdot SiO_2 \cdot nH_2O$ (n=2 yoki 4)

$3CaO \cdot Al_2O_3 + 6H_2O = 3CaO \cdot Al_2O_2 \cdot 6H_2O$ (x+y=3)

Hosil bo'lgan mahsulotlar suvda yomon eruvchan bo'lganligi uchun eritmadan avval mayda kristallchalar shaklida ajralib chiqadi, keyinchalik kristallchalar 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_2O_3, SiO_2 oksidlari bo'ladi. Glinozyomli sementning asosiy tarkibiy qismi kalsiy metaluminatdir $Ca(AlO_2)_2$. U glinazyomga (masalan, boksitga) boy bo'lgan tabiiy meteriallarga ohaktosh qo'shib kuydirish orqali olinadi. U tez qotadi, uning qotishi gidroliz va gidratlanish reaksiyalar natijasida amalga oshadi:

$$2Ca(AlO_2)_2 + 11H_2O = 2CaO \cdot Al_2O_3 + 8H_2O + 2Al(OH)_3$$

Glinozyomli sementdan tayyorlangan beton ko'l va dengizning sho'r suvlariga, ishqor eritmalariga chidamli bo'ladi, tez qotadi va juda mustahkam hisoblanadi.

Sementning ishlatilishi sohalari keng, ammo, asosan beton tayyorlash uchun ishlatiladi (sun'iy toshning bir turi). Beton tayyorlash uchun sementga to'ldiruvchilar qo'shib suv bilan aralashtiriladi. 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 tayyorlangandigan 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 aralashtirilib, 0,5—0,7 qism suv bilan loy qoriladi). Beton loyini aralashtirish maxsus beton aralashtirgich apparatlarida olib boriladi. Hosil bo'lgan loy qorishma taxta yoki metall qoliplariga solinib, shakl beriladi va qotishi uchun qoldiriladi, qotgach qolip

ajratib olinadi. Qotishini tezlashtirish uchun maxsus kameralarda bug‘ bilan ishlov beriladi. Betondan bloklar, yig‘ma uylar uchun devorlar, tug‘onlar, yo‘llar, basseynlar, quvurlar va boshqa qurilmalar quriladi.

Odatdagi beton katta zichlikka ega bo‘lib (2500 kg/m^3), yengil va g‘ovak to‘ldiruvchilar qo‘shilganda uning zichligi 1200-1400 kg/m^3 gacha kamayishi mumkin (masalan, tufo-beton, shlakabeton 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), N_2O_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.

Ayniqsa, 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 sementga (10 % massa bo‘yicha) asbest aralashtirib xamir qilinadi va asbestosementli material (shifer, quvurlar, plitalar va hokazolar) yasaladi.

O‘zbekistonda sement ishlab chiqarish sohasiga katta hissa qo‘shgan olimlardan T. Otaqo‘ziyev oq rangli sementlar ishlab chiqarishda fosfor va fosforli o‘g‘itlar ishlab chiqarish korxonalari chiqindilaridan fosfogipslardan foydalanish mumkinligini ko‘rsatib berdilar. 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 sement oq portlant sementga qaraganda 25-30 % kam energiya sarflab olinishi, sifatliligi va ancha arzonga tushishi bilan diqqatga sazavordir.

Shuningdek, T. Otaqo‘ziyev tomonidan sulfat saqlovchi sementning fizik-kimyoviy xossalari o‘rganilib, uni past haroratda kam energiya sarflab olish texnologiyasi yaratilgan.

Hozirgi paytda 7 mln tonnadan ko'proq sement ishlab chiqarilmoqda. O'zbekiston 1970 yildayoq kishi boshiga hisoblaganda Turkiyaga nisbatan 20, Pokistonga nisbatan 35 marta ko'p sement ishlab chiqarishga erishgan.

Shisha. Shisha eng qadimiy kimyoviy mahsulot (Misrda eramizdan 6 ming yil ilgari shisha ishlab chiqarilgan). Qovushqoqligi katta bo'lgan, o'ta sovitilgan 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 kiristall panjara hosil bo'la olmaydi.

Uning aniq suyuqlanish va qaynash harorati bo'lmaydi. Qizdirilganda u sekinlik bilan yumshaydi va so'ngra suyuqlanadi. Shisha tiniq, mexanik mustahkam, kimyoviy agressiv reagentlarga chidamli, elektr tokini o'tkazmaydi. Issiqlikni kam o'tkazadi. Mana shu ajoyib xossalar borligidan keng ko'lamdi ishlatiladi. Ammo u mo'rt bo'ladi. Bu kamchiligi uni termik ishlov berish yo'li bilan kamaytiriladi.

Shisha tarkibiga asosan 3 xil tipdagi oksidlar: ishqoriy, ishqoriy-yer va kislotali oksidlar kiradi. Shisha quyidagi umumiy formula bilan ifodalash mumkin: $nR_2O.\ mROpRO_2(R_2O_3)$. Koeffisentlar o'zgaruvchan qiymatlardir. Bunda, R_2O — ishqoriy metallarning oksidlari: Na_2O, K_2O, Li_2O va boshqalar, RO — ishqoriy-yer metallarining oksidlari: CaO, BaO, PbO, SrO, ZnO, FeO, MnO va boshqalar RO_2 (R_2O_3) — kislotali oksidlar SiO_2 , B_2O_3 ,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 sifatiy va miqdoriy tarkibiga bog'liq bo'ladi. Kislotali oksidlar shishaga mexanik, termik va kiyoviy mustahkamlik beradi. Ishqoriy metall oksidlari shishaning qovushqoqligi, mexanik, kimyoviy mustahkamligini kamaytiradi. Aksincha, ishqoriy-yer metallari esa kimyoviy chidamligini va qovushqoqligini oshiradi. Tarkibida faqat Na_2O, CaO, MgO, SiO_2 va oksidlarni saqlovchi shisha keng miqyosda qo'llaniladi. Na_2O ni o'rniga K_2O va CaO hamda MgO o'rniga PbO ishlatilsa, tiniqligi, yaltiroqligi, nurni burish xossasi ortadi (masalan, billur (xrustal) va optik shishalar). Kimyoviy idishlar tayyorlash uchun ishlatiladigan shisha olishda, ishqoriy metallar oksidlarining

miqdori kamaytiriladi va SiO_2 ni qisman B_2O_3 hamda Al_2O_3 bilan almashtiriladi. Bunda kimyoviy va termik mustahkamligi ortadi.

Shisha pishirish uchun asosiy xomashyo: kvars qumi, ohaktosh yoki bo'r va soda yoki suvsiz natriy sulfat, potash, kaolin, magnizit, dalomit, glyot (PbO), borat kislotasi yoki bura va boshqalar bo'lib, ularga *shisha hosil qiluvchilar* deyiladi. Qo'shimcha xomashyo esa shisha massasini, xossasini o'zgartiruvchi moddalar bo'lib, bunga rangsizlantirgichlar (oqartirgichlar) natriyli selitra, ba'zan ammoniy tuzlari, mishyak (III) oksidi (0,5—1 %gacha) kabilar kiradi.

Shisha xomashyosining asosiy komponenti soda bo'lib, natriy sulfatga nisbatan o'zining ko'pgina texnik ustunliklarga ega. Masalan, soda 851°C da suyuqlansa, natriy sulfat esa 885°C da suyuqlanadi, bundan tashqari soda suyuqlanishi bilanoq SiO_2 bilan birikib, CO_2 ajratib chiqaradi. Natriy sulfat esa parchalanmay suyuqlanadi va 1200°C dagina parchalanadi, demak, ko'p energiya sarflanadi. Yana soda tarkibida 58,5 % Na_2O bo'lsa, Na_2SO_4 tarkibida esa 43,6 % Na_2O bor, demak, Na_2SO_4 ko'p miqdor talab qilinadi. Agar soda o'rniga Na_2SO_4 ishlatilsa, unga ko'mir ham qo'shish kerak bo'ladi. Bunda, natriy silikat quyidagi tenglamaga muvofiq hosil bo'ladi.

$$2SiO_2+2Na_2SO_4+C=2Na_2SiO_3+CO_2\uparrow+2SO_2\uparrow$$

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, MnO_2 — binafsha , 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 ftor birikmalari qo'shiladi. Bunda, ular shisha suyuqlanganda unga erib o'tadi, qotayotganda esa mayda kristallchalar shaklida ajralib chiqadi. Xomashyo quritiladi, maydalaniladi, kukun holiga keltiriladi va elanadi. Qum tarkibidagi tuproq zarralari va temir oksidlarini yuqotish uchun yuviladi. Shishaning tarkibidagi moddalarning hammasi qo'shilib, yaxshilab aralashtiriladi. Tayyor shixta vannasimon pechlarga solinib pishiriladi. *Shishani pishirish* deb bir jinsli shisha

massasi hosil bo'lguncha shixtani suyuqlantirish jarayoniga aytiladi. Shishani pishirganda murakkab fizik-kimyoviy jarayonlar boradi. Shixta qizdirilganda (Na_2CO_3, $CaCO_3$, $MgCO_3$ va SiO_2 lardan) qisman qo'sh tuzlar hosil bo'ladi:

$$MgCO_3+Na_2CO_3=MgNa_2(CO_3)_2 \ (250°Cda)$$
$$CaCO_3+Na_2CO_3=CaNa_2(CO_3)_2 \ (400°Cda)$$

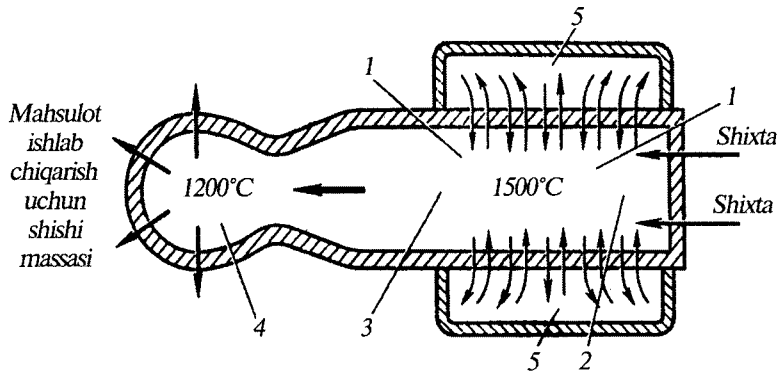
ular so'ngra SiO_2bilan reaksiyaga kirishadi:

$$CaNa_2(CO_3)_2+2SiO_2 =CaSiO_3+Na_2SiO_3+2CO_2$$
$$MgNa_2(CO_3)_2+2SiO_2=MgSiO_3+Na_2SiO_3+2CO_2$$

Dastlabki karbonatlar SiO_2 bilan bevosita ham reaksiyaga kirishib, silikatlarni hosil qiladi. 750—900°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, SiO_2 bilan birikib silikatlarga aylanadi. Reaksiyaga kirishmay ortib qolgan SiO_2 silikatlar suyuqlanmasida asta-sekin eriydi. Shixtaga ozgina CaF_2 (plavik shpatini) qo'shish, suyuqlanishini ancha tezlashtiradi.

Kimyoviy reaksiyalar tugagach, suyuqlangan shisha massasini hali bir jinsli deb bo'lmaydi, u tarkibida havo CO_2 va boshqa gaz pufaklari saqlaydi. Yanada qizdirilgach, harorat 1200 dan 150°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. (80-rasm.) Pechning asosiy qismi to'g'ri burchakli garizontal holda o'rnatilgan basseyn bo'lib, uzunligi 40 metr, eni 10 m va balandligi 1,5 m, tanasi gumbas shaklida qoplangan bo'lib, dinas plitalardan qilingan basseyn devorlari esa sirkoniyli-korundli to'rt burchakli toshlar bilan qoplanadi. Shisha pishirish pechlari, ichida olov yoqiladigan pechlarga kiradi. Xomashyo ham, suyuq shisha ham ustki qismidan yonuvchi gaz alangasida qizdiriladi. Hosil bo'lgan issiq gazlar regeneratorlar orqali chiqadi va unga o'z issiqligini beradi. Gazni yoqish uchun kiritiladigan havo esa regeneratorlar orqali qizib o'tadi (Regeneratorlar 2 ta bo'lib, biridan issiq gaz o'tayotgan bo'lsa, ikkinchisidan, sovuq havo o'tayotgan bo'ladi).



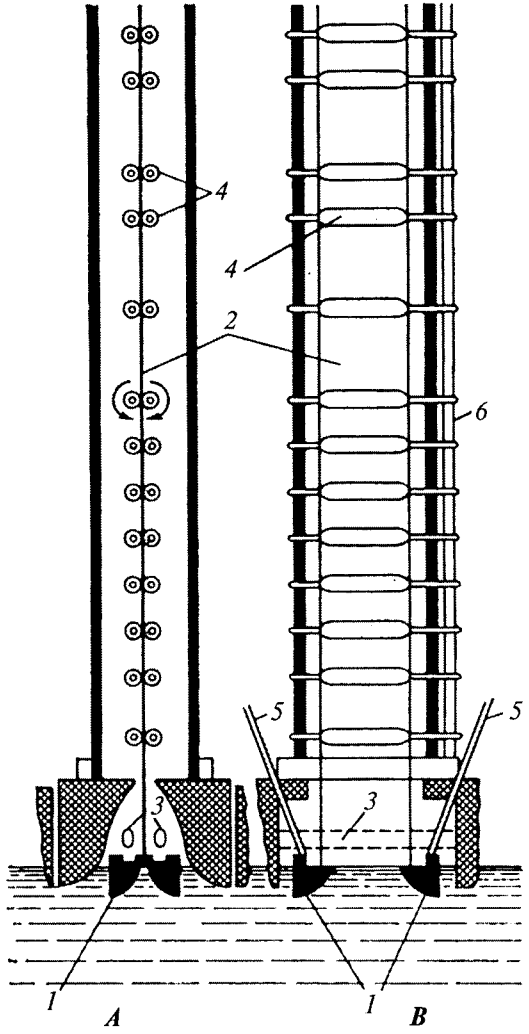
80- rasm. Vannasimon shisha pishirish pechi.
1 — pishirish basseyni (vannasi); 2 — pishish zonasi; 3 — oqarish zonasi; 4 — shisha buyum tayyorlash basseyni; 5 — regeneratorlarga olib boruvchi kanallar.

Shixta pechning old qismidan (pishirish zonasi) uzluksiz yoki davriy ravishda solinib turiladi. Shisha massasi pechning tiniqlashtirish zonasiga o'zi oqib o'tadi (harorat 1500°C). So'ngra shisha massasi oqib tayyorlash zonasiga boradi, u yerda 1200°C gacha soviydi, natijada uning qovushqoqligi ortadi. U yerdan turli buyumlar tayyorlash uchun olinadi. Vannali pechlarning mahsuldorligi 300 t/sutkaga teng.

Deraza shisha, shisha listlari va butilka shishalarni tayyorlash uchun elektr toki bilan qizdiriladigan pechlar ham qo'llaniladi. Optik shishalarni olishda shomotdan yasalgan tuvaksimon pechlardan foydaniladi.

Shisha buyumlariga shakl berish uchun turli usullar: cho'zish, prokatlash, puflash, presslash, kuyish va boshqalar qo'llaniladi. Shisha suyuqlanmasi sovitilganda uning qovushqoqligi sekinlik bilan ortadi, bu xossasi unga shakl berishni osonlashtiradi.

Shisha sanoatining asosiy mahsuloti, deraza shishasidir. Uni shisha suyuqlanmasining ustki qismidan, qayiqcha usilida mashina yordamida shisha listlarini cho'zib tortish orqali olinadi. Bunda o'tga chidamli materialdan yasalgan qayiqcha (qayiqchani o'rtasida, uzinasiga kesilgan uzun teshik bo'lib, undan shisha suyuqlanmasi chiqadi) shisha suyuqlanmasining ustiga 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 va u mashinaning temir romi yordamida yuqoriga cho'zib tortiladi (81- rasm).



91- rasm. Shisha listini shisha suyuqlanmasidan cho'zib tayyorlash.
A — qayiqcha tirqishga(yorig'i) perpendikular yo'nalishdagi kesimi;
B — qayiqcha yorig'i yo'nalishi bo'yicha kesimi; 1 — qayiqcha; 2 — shisha lentasi; 3 — sovutgich; 4 — asbestlangan valiklar (kichik yoyish asbobi); 5 — bosuvchi moslama; 6 — valiklarni harakatga keltiruvchi o'q (val).

Qayiqchaga yaqin joyda tortiladigan shisha listining ikki tomonida sovitgichlar o'rnatilgan bo'lib, shishani sovitadi. Mashinaning balandligi 5,5 m, unda juft val o'rnatilgan. Vallar asbest bilan qoplangan, ularning orasida shisha listi bo'lib, ikki tomonidan vallar

aylanib, uni yuqoriga ko'taradi. Vallarni umumiy vertikal val konissimon tishli gildirak yordamida harakatga keltiradi. Qaysiki, u elektromatorga ulangan shisha listining harakat tezligi 120 m/s gacha bo'ladi.

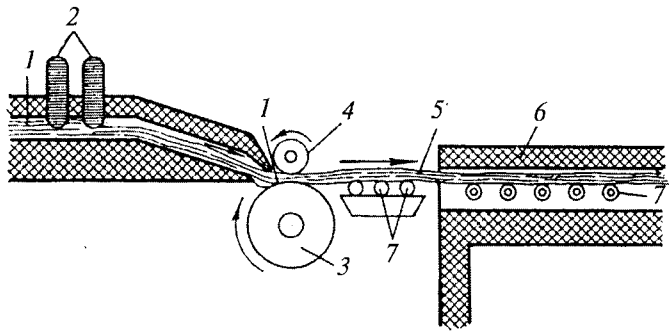
Olingan shisha mashinaning yuqori qismiga chiqqach qirqib olinadi, uning qalinligi 2— 6 mm, qayiqcha usulida olingan shishalar ko'pincha nuqsonli bo'ladi. To'lqinsimon shakldagi yoki yuzasida chiziqlari bo'lgan shishalar olinadi. Qayiqchasiz usulda nuqsonsiz, sifatli shisha olinadi, suyuqlanmasi olinadigan joyga maxsus o'tga chidamli panjara o'rnatiladi, suyuqlanmaga tushiriladi va bir tekisda shisha suyuqlanmasi 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 tolasi olish uchun elektr pechlarida tayyorlangan shisha suyuqlanmasi pechning maxsus joyda teshikchalari (teshikchalarning kattaligi 1-3 mm bo'ladi) orqali oqib ostga tushadi, cho'ziladi va qotib (2-30 kkm, qalinlikdagi) shixta tolalariga aylanadi.

Sayqallangan shisha olish uchun (82- rasm) shisha suyuqlanmasi, shomotli quygich orqali ichi bo'shliqdan iborat bo'lgan va ichki tomonidan suv bilan sovitiladigan, metalldan yasalgan vallar oraligidagi bo'shliqqa tushadi, vallar aylanib to'kadi (ikkalasi bir tomonga aylanadi). Valdan chiqqan shisha lentasi yumshatish uchun maxsus tunnel pechiga o'tadi (tunnel pechi - yer ostida qurilgan pech).

Olingan shisha listlari pardozlanib, silliqlangach (sayqal berilgach), oyna tayyorlash uchun, avtomobillar kabinasiga qo'yish, vitrinalarga o'rnatish uchun ishlatiladi. Olingan shisha listlarini qizdirib tez sovitish (havo oqimi yordamida) orqali toblangan (chinniqtirilgan) shishalar olinadi. Ular xavfsiz shisha bo'lib, avtomobil va samolyotlarning kabinalariga o'rnatiladi.

Puflash usulida tara va kimyoviy idishlar olinadi. Hozirgi paytda puflash, siqilgan havo bilan mashinalar yordamida amalga oshiriladi. Presslash usulida turli buyumlar: bankalar, stakanlar, izolyatorlar, 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.



82- rasm. Uzluksiz prokatlash orqali sayqallangan shisha listini tayyorlash sxemasi.

1 — shisha massasi; 2 — to'siq (qopqoq); 3,4 — valiklar (yoygichlar); 5 — shisha lentasi; 6 — yumshatish pechi; 7 — shisha lentali harakatlantirish uchun g'ildiraklar.

Quyish usulida po'lat qolipga (biron bir buyum shakliga) shisha suyuqlanmasini quyish yo'li bilan buyum tayyorlanadi. Bu usulda turli xildagi arxitektor qurilish va san'at buyumlari hamda optik asboblar uchun shishalar olinadi.

Ayniqsa, ko'pik shishada ajoyib foydali xossalar mujassamlashgan, u g'ovak-g'ovak tuzilgan bo'lib, ajoyib issiqlik va tovush o'tkazmaslik xossalariga ega. Uning zichligi 100—700 kg/m^3, mexanik jihatdan juda mustahkam, uni shisha kukuni va 3% gacha gaz hosil qiluvchi moddalar (koks, qurum va boshqalar) aralashmasini 700-900°C da o'tga chidamli po'lat qoliplarga solib pishirish orqali olinadi.

Yangi material sifatida katta ahamiyat kasb etayotgan shisha bu sitalldir. (silikat va kristall so'zlaridan olingan, Amerikada uni «Pirokeram» deb ataladi.) Sitallar, MgO, Al_2O_3 va SiO_2 lar asosida tayyorlangan shisha massasiga qo'r sifatida ozroq TiO_2 qo'shib buyum tayyorlanadi, so'ngra u 700—1000°C haroratda uzoq muddat qizdiriladi. Natijada qisman mayda 1 m.km dan kichik kristallar hosil bo'ladi. Ammo 15—45 % shisha amorf holda qoladi, kristallanmaydi. Mexanik mustahkamligi jihatdan sitallar hatto po'latdan ham ustin turadi. Ularning kengayish koeffitsienti taxminan nolga teng, 1000°C gacha haroratning o'zgarishiga ham chidamli.

Shlakositallar domna shlaklari 35% gacha kvars qumi, 2—4% va ko'r (temir, rux yoki marganets sulfatlar) qo'shib tayyorlanadi. Undan uylarni yemirilishiga chidamli pollari, zinalar, dereza tokchalar tayyorlanadi. Respublikamizda Chirchiq, Quvasoy shisha zavodlari ishlab turibdi.

VI BOB. ELEKTROKIMYO

1- §. Elektrokimyoviy ishlab chiqarish

Elektrokimyo, elektr energiyasi qabul qilish yoki chiqarish bilan boradigan kimyoviy reaksiyalarni o'rganadigan kimyoning bir bo'limidir. Bunday jarayonlar elektrokimyoviy jarayonlar deyiladi.

Elektrokimyoviy reaksiyalarda kimyoviy energiya elektr energiyasiga va aksincha elektr energiyasi kimyoviy energiyaga aylanadi (Elektr va kimyoviy hodisalarning bir-biriga bog'liqligi haqidagi tasavvurlar XVIII asr oxirlari va XIX asr boshlarida paydo bo'ldi. Elektr haqidagi ta'limotning asoschilari Italiya fizigi Violta (1793-1801 y.), Shved olimlari Berselius (1802 y.), Arrennius (1887 y.), Angliya olimlari Devi (1807 y.), Faradey (1833 y.) va boshqalar hisoblanadi).

Elektrokimyoviy ishlab chiqarish jarayoni elektrokimyoviy reaksiyalarga asoslangan suvli eritmalar va suyuqlanmalar elektroliz qilinganda elektr energiyasi kimyoviy energiyaga aylanadi, Eritma va suyuqlanmalarning 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, persulfit, 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 guruhlarning elektrokimyoviy qaytarish yo'li bilan nitrobenzoldan benzidin olinadi. Suvli eritmalarni elektroliz qilib ko'pgina rangli metallar: mis, vismut, surma, 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 elektrokimyoviy usulda olinadi.

Avtomobil sanoatida, mashinasozlik va boshqa qator sohalarda metallar sirtini elektrokimyoviy qoplash (galvanoplastika) usulidan

keng foydaniladi. Galvonoplastika orqali buyumlarning aniq metall nusxalari olinadi. Bosmaxonalarda klishelar, matritsa, bosma radiotexnik sxemalar tayyorlanadi. Po'latni elektrokimyoviy silliqlash, aluminiy va magniyni oxorlash ishlari ham elektroliz yordamida bajariladi. Nikellash, xromlash, oltin, kumush bilan sirtini qoplash kabi bir qator muhim ishlar amalga oshiriladi. Bular metallarning korroziyaga chidamliligini oshiradi, qattiqligi va emirilishga chidamligini oshiradi ko'rinishini chiroyli qiladi.

Turli akkumulyatorlar ishlab chiqarish ham kimyoviy energiyani elektr energiyasiga aylantirishga asoslangan. Elektrokimyoning tez suratlarga 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 apparat va jihozlar sonini qisqartirish imkonini beradi.

Bunda bosqichlar sonini ancha qisqartirish, arzon xomashyodan to'liq foydalanish, juda toza, sifatli mahsulot olish imkoniyati tug'iladi. Elektrokimyoviy usulning asosiy kamchiligi, tokni ko'p sarflashidir. Shuning uchun ham bunda elektr energiyasini tejashga e'tibor qaratilmog'i lozim.

2- §. Suvli eritmalar va suyuqlanmalar elektrolizining nazariy asoslari

Elektroliz deb, elektrolit eritmasidan yoki suyuqlanmasidan 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 manbaiga) tomon, anionlar esa anodga tomon harakat qiladi. Kationlar katodga borgach, elektron olib, anionlar esa anodga kelgach, elektron berib zaryadsizlanadilar. Natijada elektrodlarda gazsimon, suyuq yoki qattik neytral moddalar hosil bo'ladi. Bunda elektrolitning boshqa molekulalari dissotsiyalanadi. Natijada, ionlarning zaryadsizlanishidan buzilgan muvozanat qayta

tiklanadi. Agar anod elektrolitda eriydigan metalldan 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 potensiali kichik bo'lsa, o'sha ion birinchi bo'lib zaryadsizlanadi. Ionlarning ketma-ket navbat bilan zaryadsizlanishi fizik-kimyoviy qonunlari bilan aniqlanadi.

Amaliyotda elektroliz mahsulotlarining elektrodlarda ajralish tartibi, nafaqat normal elektrod potensiallarining qiymati bilan balki, elektrolizni o'tkazish sharoitlariga: elektrodlarning qanday materialdan qilinganligiga, elektrolit konsentratsiyasiga, aralashtirishning jadalligiga, haroratiga va boshqalarga bog'liq bo'ladi. Texnologik sharoitni tanlash bilan, elektrolizda ionlarning zaryadsizlanish tarkibini o'zgartirish mumkin. Masalan, ba'zi elektrodlarda ionlar zaryadsizlanishining o'ta kuchlanish hodisasidan foydalanish orqali.

Yengil metallar (litiy, kaliy, natriy, magniy, aluminiy) va ba'zi og'ir metallarni (xrom, tantal, qo'rg'oshin) birikmalarini suvdagi eritmalarini elektroliz qilish yo'li bilan metall olib bo'lmaydi, chunki ular vodorodga nisbatan elektiromanfiyroqdir, shuning uchun ham elektrodlarda metall emas balki, faqat vodorod ajralib chiqadi. Bunday metallarni faqat ular birikmalarini (tuzlari, oksidlari yoki gidroksidlarini) 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 ham qiladi (masalan, bunda harorat yuqori bo'ladi 1400°C gacha, erituvchi ionlari bo'lmaydi).

Elektroliz nazariyasi Faradey qonuniga asoslangan (1833 yil) elektroliz vaqtida elektrodlarda ajralib chiqqan moddaning miqdori, eritmadan o'tgan elektr miqdoriga to'g'ri proporsionaldir (birinchi qonuni). Bir nechta elektrolit eritmasi orqali teng miqdorlorda elektr o'tkazilganda elektrodlar ajralib chiqadigan moddalarning og'irlik miqdorlari, ayni moddalarning kimyoviy ekvivalentiga proporsional bo'ladi (ikkinchi qonuni).

Faradeyning ikkinchi qonuniga ko'ra har qanday moddaning bir ekvivalentini ajratib chiqarish uchun teng miqdor elektr talab

qilinadi va bu elektr miqdori Faradey soni deyilib, u 96500 kl/ molga teng.

Elektrolizning asosiy texnologik ko'rsatkichi va elektr energiyasidan ratsional foydalanish kriteriyasi bu: tok bo'yicha unum, energiyadan foydalanish darajasi, energiya bo'yicha sarfiyot koeffitsienti, elektrolizga berilgan kuchlanish va boshqlardir.

Tok bo'yicha unum η (% yoki birning qandaydir ulushlarida) ushbu formula

$$\eta = \frac{G_a}{G_H} \cdot 100 \qquad (3.3)$$

asosida topiladi. Bunda, G_a - elektroliz natijasida amalda olingan mahsulot massasi; G_H - Faradey qonuni bo'yicha nazariy olinishi mumkin bo'lgan mahsulot miqdori (massasi). Mahsulotning nazariy massasi Faradeyning ikkala qonunini birlashtiruvchi formula asosida hisoblab topiladi.

$$G_H = \frac{J \cdot \tau \cdot A}{nF} = J \cdot \tau \cdot E \quad \text{yoki} \quad G_H = \frac{J \cdot \tau \cdot A}{F} \qquad (3.4)$$

Bunda, J — tok kuchi (Amper); τ — elektroliz vaqti (soat); A — ionning massasi yoki atom massa (g); n — ion zaryadi; F — Faradey soni; E — moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti.

Energiyadan foydlanishi darajasi, μ (%), bu ayni miqdordagi moddani ajralib chiqishi uchun kerak bo'ladigan nazariy energiya miqdorining - Wn, amalda sarflangan faktik energiya miqdoriga - Wf bo'lgan nisbati:

$$\mu = \frac{W_H}{W_f} \cdot 100 \qquad (3.5)$$

Elektroenergiyaning nazariy miqdorini (KVm ·C):

$$W_H = V_H J \cdot \tau = V_H \cdot Q \qquad (3.6)$$

formulasi orqali hisoblab topiladi. Bunda, Vn — elektrolit parchalanishining nazariy kuchlanishi (Volt); (Q — elektr miqdori (Kl). (3.7)

Elektrodlarda nazariy kuchlanish anod φ_{an}, va katodning φ k muvozanat potensiallari orqali topiladi.

$$V_n = \varphi_{an} - \varphi_k \qquad (3.8)$$

Muvozanatdagi potensiallarning qiymatlari Nernst formulasi bo'yicha topiladi. U qiymatlar ma'lumotnomalarda berilgan. Elektrolizyorlarda nazariy kuchlanish,

$$V_H = \frac{\Delta G^{\circ}_{298}}{n \cdot F}$$

formuladan foydalanib topiladi. Bu yerda, ΔG_{298} – reaksiyaning erkin energiyasining o'zgarishi, j/mol. (ΔG_{298} – standart Gibbs eyengiyasi ham deyiladi).

Energiyaning haqiqiy (faktik) sarfi Wf elektroliz vannasiga beregan kuchlanishga bog'liq bo'ladi. Qaysiki, u har doim elektrodlarning qutublanishi sababli hamda Om birligidagi elektrolit, elektrodlar diafragmalar tok beruvchilar (uzatuvchilar) va boshqalarning qarshiligi sababli nazariysidan ko'p bo'ladi. Faktik energiya sarfi (W*f* ni hisoblash uchun 3,5 formula bo'yicha) quyidagi formula bo'yicha topiladi:

$$W_f = V_f \cdot J \cdot \tau = V_f \cdot Q \qquad (3.9)$$

3.9 va 3.6 formuladagi $V_H$va V_f larni qiymatlarini 3.5 formulaga qo'yib

$$\mu = \frac{V_H}{V_f} \cdot \eta \qquad (3.10)$$

formulani keltirib chiqaramiz.

(3.10) formuladan kelib chiqadigan xulosa shundan iboratki, qanchalik tok bo'yicha unum ko'p va elektrolizyorga berilgan kuchlanish qanchalik 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. Suyuquqlanmalar elektrolizida esa tok bo'yicha unum 70–80 % ni tashkil etsa, energiyadan foydalanish

eritma elektrolizidan ancha past bo'ladi. Masalan, Al_2O_3 va kriolit suyuqlanmasi elektrolizining energiyadan foydalanish darajasi 30 % dan oshmaydi. Umumam olganda elektrokimyoviy ishlab chiqarish, energiyadan foydalanish darajasining kamligi bilan va demak, elektroliz mahsulotlarining, ayniqsa, metallarning tannarhini yuqoriligi bilan tavsiflanadi.

3- §. Natriy xlor eritmasining elektrolizi

Natriy xlor (osh tuzi) nisbatan arzon xomashyo bo'lganligi hamda uning elektrolizidan uchta (xlor, natriy gidrooksidi va vodorod) muhim sanoat mahsuloti olinishi sababli, shu bilan bir qatorda elektroliz jarayonining soddaligi tufayli uning eritmasini elektrolizi iqtisodiy jihatdan ancha samarali usul hisoblanadi.

Xlor normal sharoitda gaz — 34,1°C da suyuqlanadi, — 101, 6°C da muzlaydi. O'tkir hidli, sariq-yashil rangli, zaharli gaz. Xlor: xlororganik birikmalar (plastmassalar, erituvchilar, kauchuk, kimyoviy tola, zaharli kimyoviy birikmalar va boshqalar) olishda, metallurgiya (rudalarni xlorlab kuydirishda), to'qimachilik, sellyuloza - qog'oz sanoatlarida (oqartirish va tozalash uchun), ichimlik va oqova suvlarini tozalash, sterillash va boshqalarda juda keng qo'llaniladi.

Elektrolizning ikkinchi mahsuloti natriy gidrooksidi bo'lib, muhimligi jihatidan asosiy mahsulotdan (xlordan) qolishmaydi. Natriy gidrooksidi qattiq, oq rangli suvda yaxshi eriydi, 328°C da suyuqlanadi. Natriy gidrooksidi organik sintezda, sun'iy tola ishlab chiqarishda, sellyuloza va qog'oz olishda, sovun va aluminiy ishlab chiqarishda, neftni qayta ishlash sanoatida keng ko'lamda ishlatiladi.

Elektroliz qilish uchun osh tuzining to'yingan eritmasidan (305-310 g/l) sho'robadan foydalaniladi. Elektroliz ikki xil apparatda qattiq po'latli diafragmali yoki diafragmasiz suyuq simob katodli apparatlarda (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 ketishining oldini olish hamda elektroliz mahsulotlarini

ajralishi uchun qattiq katodli elektrolizyorlardan anod va katod fazasi bir-biridan g'ovakli diafragma bilan ajratilgan bo'ladi.

Osh tuzi eritmasini qattiq katodli elektrolizyorlarda elektrolizi. Osh tuzining suvdagi to'yingan eritmasida Na, H^+, Cl^- va OH^+ ionlari bo'ladi. Eritmadan doimiy tok o'tkazilganda bu ionlarning zaryadsizlanib ajralib chiqish tartibi elektrod potensiallarining kattaligi va bir-biriga bo'lgan nisbati bilan aniqlanadi. Natriy ionlarining po'lat katodlarida qaytarilishi (zaryadsizlanishi) mumkin emas, chunki, bu jarayonning potensiali katta manfiy qiymatga ega (- 2,71 V). Shuning uchun katodda muvozanat potensiali kichik (- 0,415 V ga teng) bo'lgan vodorod ajralib chiqadi.

$$2\,H_2O + 2\,e^- = H_2 + 2\,O\,H^-$$

Katod bo'shlig'ida qolgan gidrooksid (a) ionlari natriy ionlari bilan birikib, natriy gidroksidinp hosil qiladi.

$$OH^- + Na^+ \rightarrow Na\,OH \qquad (a)$$

Anodda esa xlor ajraladi:

$$2\,Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^- \qquad (b)$$

Xlorning to'yingan eritmada muvozanat potensiali gidrooksid ionnikidan katta.

$$\varphi\ O_2(OH) = 0{,}82\ V;\ \varphi\ -\ Cl_2 = 1{,}32\ V$$

Ammo ko'mir-grafitli yoki ruteniy oksidi bilan qoplangan anodlarda OH^- ioni katta o'ta kuchlanish bilan zaryadsizlanadi, shuning uchun ham anodda gaz holda ajraladi. Natriy xlor eritmasini elektrolizini umumiy holda quyidagicha yozish mumkin:

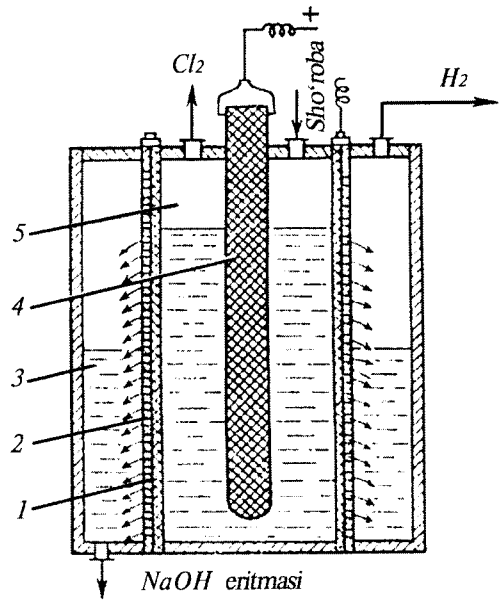
$$2H_2O + 2NaCl = Cl_2 + H_2 + 2\,Na\,OH$$

Amalda asosiy reaksiyalar bilan bir qatorda qo'shimcha reaksiya ham ketadi. Anodda kislorod ajralib chiqadi.

$$2OH^- + 2e^- \rightarrow 0{,}5O_2 + H_2O$$

Kislorod uglerodli elektrod bilan ta'sirlashib, CO_2 ga aylanadi. Anod bo'shlig'ida, xlorning suvda erishidan ikkilamchi reaksiyalar borib, gipoxlorit (NaClO) va xlorat ($NaClO_3$), shuningdek, nitrat xiloridlar hosil bo'ladi. Barcha bu qo'shimcha reaksyalarning tok bo'yicha asosiy mahsulotlar unumini hamda energiyadan foydalanish darajasini kamaytiradi.

83- rasmda uzluksiz ishlovchi, vertikal filtrlovchi diafragma elektrolizyor (vannasi) sxemasi berilgan. Vannaning korpusi asbestdan 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.



83- rasm. Filtrlovchi diafragmali elektroliz vannasining sxemasi.
1 — g'ovak asbestli diafragma; 2 — ko'p teshikli po'lat katod; 3 — katod bo'shlig'i; 4 — grafitli anod; 5 — anod bo'shlig'i.

Tozalangan sho'roba (rassol) anod bo'shliqqa solinadi. Gidrostatik bosim tufayli u diafragmadan va katoddan filtrlanib o'tadi. Elektr toki o'tgach, katodda vodorod ajralib vannadan chiqadi, anoddan

esa xlor ajralib chiqadi. Katod bo'shliqda natriy gidrooksidi 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 (bunda suv bug'lari kondensatlanadi) va kons, sulfat kislotasi bilan yuviladi.

So'ngra xlor kerakli joylarga sintezlar uchun yuboriladi yoki 1—1,2 MPa bosimda uy haroratida yoki 0,3—0,6 MPa bosimda — 5—25°C gacha haroratda suyuqlantiriladi. Suyuq xlor maxsus ballonlar yoki sisternalarda kerakli joylarga tashiladi.

Katod mahsuloti (natriy gidrooksidi eritmasi) tarkibida 120—140 g/l NaON va 170-180 g/l parchalanmagan osh tuzi bo'ladi. Eritma bug'lantiriladi. Eritmada natriy gidrooksidining konsentratsiyasi ortishi bilan osh tuzi cho'kmaga tushadi (NaOH ning issiq suvda eruvchanligi yuqori, osh tuzining eruvchanligi esa kam bo'lganligidan NaOH ning eritmda konsentratsiyasi ortishi bilan NaCl cho'kmaga tushadi). Natriy gidrooksid eritmasi to'liq bug'lantirib, suyuq holda suvsiz natriy gidrooksid olinadi. U tarkibida 92—95 % NaOH va 2—4 % NaCl saqlaydi.

Natriy xlor eritmasini simob katodli elektrolizyorlarda elektroliz qilish. Simob katodli vannalarda katodda vodorod katta kuchlanish bilan ajralib chiqadi (simobli katodda H^+ ionining zaryadsizlanish potensiali 1,7—1,85 V, temir katodda esa u 0,1415 V ga teng). Natriy esa simobdan tez va osonlikcha ajraladi. Chunki natriy ionining simob katodida zaryadsizlanish potensali muvozanat potensialidan ancha kichik va u 1,2 V ga teng. Bu hodisa katodda kimyoviy birikma natriy amalgamasi hosil bo'lishi bilan tushintiriladi. Natijada amalda simob katodda vodorod hosil bo'lmaydi, bunda quyidagi jarayonlar boradi:

$$Na^+ + e^- \rightarrow Na$$

$$Na + nHg \rightarrow NaHg_n$$

Simob katodining ustida joylashgan grafit anodda xlor zaryadsizlanib, gaz holda ajralib chiqadi.

$$2Cl^- - 2e^- \rightarrow Cl_2$$

Natriy amalgamasi (0,1- 0,3 % Na saqlaydi) vannadan chiqarib olinadi va boshqa reaktorda issiq suv bilan parchalantiriladi. Bunda ham elektrokimyoviy reaksiya boradi va natriy gidrooksidi hamda vodorod gazi hosil bo'ladi.

$$Na \rightarrow Na^+ + e^-$$

$$Na^+ + OH^- \rightarrow NaOH$$

$$H_2O + e^- \rightarrow OH^- + 0{,}5H_2$$

Simob katodli elektroliz usuli NaCl eritmasini juda qattiq 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 boshqa begona aralashalari bo'lmagan) yuqori konsentratsiyali ishqor olish mumkin bo'ladi. Suvni elektroliz qilib vodorod olish ayniqsa, istiqbolli usuldir.

4- §. Sintetik xlorid kislota ishlab chiqarish

Vodorod xloridi — o'tkir hidli, rangsiz gaz, — 85°C da qaynaydi, suvda yaxshi eriydi (1 hajm suvda 20°C da 400—450 hajmda vodorod xlorid gazi eriydi).

Xlorid kislota — rangsiz yoki sarg'ishroq rangli tiniq suyuqlik. Odatda konsentrlangan xlorid kislota 37 % li bo'lib, zichligi 1,19 g/sm^3.

Xlorid kislota kuchli bir negizli kislotadir. U turli xloridlarni olishda, metallarni payvandlashda, bug' qozonlarini cho'kindilardan tozalashda 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.

Xlorid kislota XV asrning oxirida alkimyogar Vasiliy Valentin va XVI Anderiy Libaviy hayot malhamini (eleksir) qidirib, osh tuzi, achchiqtosh va mis kuporasini aralashtirib qizdirish orqali toza bo'lmagan xlorid kislota olgan va uni «nordon spirt» deb atagan.

1658- yilda nemis olimi Glauber xlorid kslota 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.

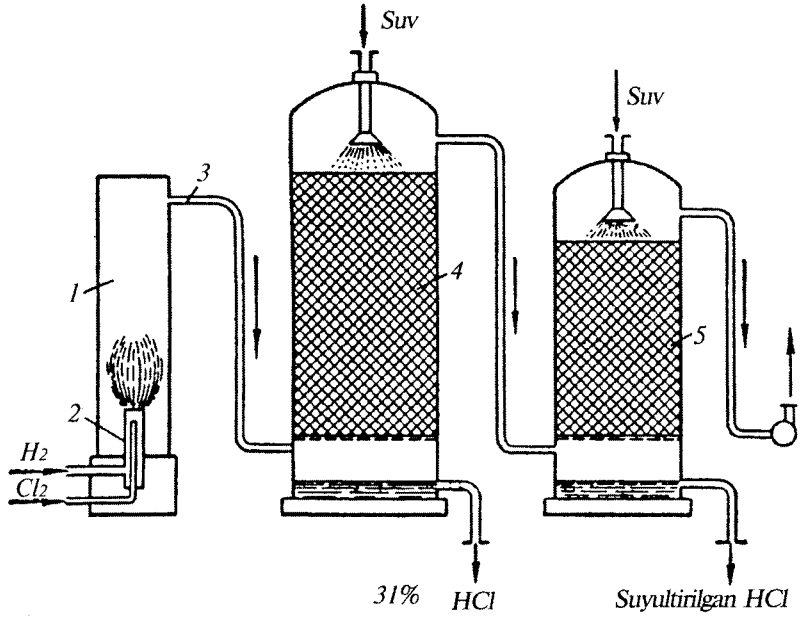
Xlorid kislota olish uchun vodorod xlorid gazini olish kerak. Vodorod xlorid turli yo'llar bilan olinadi: 1. Sulfat usuli. Bu usulda 92—93 % li sulfat kislota 500—550°C haroratda osh tuziga ta'sir ettiriladi. Bunda 28—31 % li texnik xlorid kislota olinadi. Bu usul hozirgi paytda qo'llanilmaydi. 2. Vodorod 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 chiqindi sifatida vodorod xloridi hosil bo'ladi: $RH+Cl_2 \rightarrow RCl+HCl$.

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 sharoiti kabilarga bog'liq bo'ladi. Xlororganik mahsulotlar ishlab chiqarish 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 (84- 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 kj/mol) ajralib chiqadi. Alangasining harorati 2400°C ga etadi. Hosil bo'luvchi vodorod xlorid gazini xlor bilan ifloslanishining oldini olish maqsadida yoqgichga 5 % gacha ortiqcha vodorod yuboriladi.

Olingan vodorod xlorid suvga yuttirilib, xlorid kislotaga 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'ngra 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.



84- rasm. Vodorod xloridini 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 minorasi.

Vodorod xloridi po'lat gaz o'tkazish quvuri orqali o'tib 200-250°C gacha soviydi, so'ngra yuttirish minorasining ostki qismidan kiradi. Minoraning ichida keramik xalqalardan iborat nasadka bo'ladi. Bu minorada yutilmay qolgan vodorod xloridi, ikkinchi sanitar minorasiga yuboriladi. Unda 1 % li xlorid kislota hosil bo'ladi. Yuttirish minorasining ostki qismidan issiq (70°C) 31 % li sintetik xlorid kislota chiqadi va u omborga yuboriladi. Apparatning mahsuldorligi 100 % li xlorid kislotaga aylantirib hisoblaganda 15 t/sutkaga teng. 1 t. sintetik xlorid kislota olish uchun 1 t. xlor gazi, 330 m^3 ga yaqin vodorod, 12-15 m^3 suv va 15 -25 kvt/s. elekter energiyasi sarflanadi.

VII BOB. METALL ISHLAB CHIQARISH VA UNI SINFLARGA AJRATISH

1- §. Metallarning sinflarga bo'linishi

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.

Metallarni sinflarga bo'lishda ularning tarqalishi, ishlatilishi, fizik va 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'ladi).

Rangli metallar 4 guruhga bo'linadi: 1. Og'ir rangli (zichligi 5 g/sm^3 dan katta) metallar — mis, qo'rg'oshin, qalay, nikel, rux. 2. Yengil rangli (zichligi 5 g/sm^3 dan kichik) metallar — aluminiy, ishqoriy va ishqoriy-yer metallari. 3. Qimmatbaho metallar — platina iridiy, osmiy, palladiy, rodiy, ruteniy, oltin, kumush. 4. Siyrak yoki nodir metallar (qolgan barcha metallar shu guruhga kiradi): a) qiyin suyuqlanuvchi: volfram, molibden, vanadiy, kobalt, titan, sirkoniy, neobiy; b) sochma: garmoniy, galliy, talliy, iridiy, reniy; d) siyrak yer, lantanoidlar; e) radiaktiv: toriy, rodiy, aktiniy, protaktiniy, uran; f) su'niy: poloniy, astat, neptuniy, plutoniy, protoktoniy, 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 (r = 8,87 g/ cm^3 ferromagnitlik xossasiga ega, toza holda 1539°C da suyuqlanadi.

Temir to'rt (α,β,γ,δ) allotropik shakl o'zgarishlarida uchraydi. Oddiy sharoitda α — temir holatda bo'lib, hajmiy markazlashgan

kub shakldagi kristallik panjaraga ega. 768°C ga magnitga tortilish xossasini yo'qotib β — temir holatga o'tadi. Bunda uning kristallik panjarasi o'zgarmaydi. 910°C da yangi allotropik shakli γ — temirga aylanadi va u qiralli markazlashgan kub shaklidagi kristallik panjaraga ega bo'ladi, magnitga tortilmaydi. Nihoyat 1400°C da β- temir δ— temirga aylanadi va yana hajmiy markazlashgan kristallik panjaraga ega bo'ladi. Fizik xossalari bilan u α — 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. α — holatdan γ — holatga o'tganda uglerodni eritishi keskin ortadi. α — temirning eng ko'p uglerodni eritishi 723°C da bo'lib, u 0,04 % ga yaqin va bunday temirning qattiq eritmasi ferit deyilib, magnitga totiladi, plastik va mexanik jihatdan bo'sh bo'ladi. γ — 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 totilmaydi.

Uglerod suyuq temirda erish bilan bir qatorda kimyoviy birikma ham hosil qiladi. Uning uglerod bilan hosil qilgan birikmasiga temir karbidi -Fe_3C 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.

2- §. 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 FeS_2 (kolchedan) shaklida uchraydi. Ruda

suyuqlantirilganda S 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 qilib qo'yadi). 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) Fe_3O_4 tarkibida 50-70 % temir saqlaydi, qo'shimcha sifatida kamroq FeS_2 ushlaydi. 2. Qizil temirtosh (gemotit) Fe_2O_3 tarkibida 50-70% gacha temir saqlaydi. Qo'shimcha sifatida ozroq S va P saqlaydi. 3. Qo'ng'ir temirtosh (limonit)- $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ temir gidroksidi bo'lib, tarkibidagi absorbsiyalangan 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 ligerlangan cho'yan va po'lat ishlab chiqarishda qo'llaniladi. 4. Shpatli temirtosh (siderit)- $FeCO_3$. 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 temir 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, svorka shlaklari (tarkibida 45-50 % gacha temir saqlaydi) kolchedan kuyundilari, marganets rudalari (MnO, Mn_2O_3, $MnCO_3$ 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 ohak-tosh ($CaCO_3$) va dolomit ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$)

ishlatiladi. Flyusning ahamiyati juda katta. Olinadigan cho'yanning 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 % H_2O, 1,2-1,7 % S va 15% gacha kuldan iborat) va tabiiy gaz ishlatiladi. Koks va uning oksidlanishidan hosil bo'lgan CO (is gazi) ruda tarkibida temir 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'yanning 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 pechining 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 omillar: konsentratsiya, harorat va reaksiyaga kirishuvchi moddalarning to'qnashuv sirti oshiraladi.

Kimyoviy reaksiya tezligini oshirish uchun reaksiyaga kirishuvchi moddalarning konsentratsiyasi oshiriladi. Buning uchun: temir rudasi boyitiladi; domnaga kiritiladigan havoga toza kislorod qo'shiladi; 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 avval kauperlarda qizdiriladi. Bunda ko'pincha reaksiya issiqligidan foydalaniladi.

Kimyoviy reaksiya tezligini oshiradigan omillardan 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,

koksniki 40-80 mm va ohaktoshniki 30-80 mm bo'lishi kerak. Buning uchun ruda maydalanadi, g'alvirdan o'tkaziladi, bo'laklarining kattaligi bir xillik darajasi oshiriladi va nihoyat boyiti-ladi. Maydalari aglomeratsiyalanadi (Changsimon mayda zarrachalari koks va flyus bilan aralashtirilib chala suyuqlantiriladi, natijada zarralar bir-biriga yopishib yiriklashadi, so'ngra u sovitilib qotirilgach, kerakli kattalikda maydalab olinadi).

Temir rudasiga boy mamlakat bu – Rossiyadir (Ural, Kursk magnit anomaliyasi, Kerch, Krivoy Rog, Sharqiy Sibir, Uzoq Sharq, Kola Yarim oroli va boshqalar) unda dunyo temir rudasining 50 % ga yaqini joylashgan. O'zbekistonda ham temirning 60 ga yaqin konlari bo'lib, ulardan yiriklari Sulton Uvays tog'lari, Amudaryo etagidagi Tabinbo'loq (rudasi tarkibida 15-16 % temiri bor), Markaziy Qizilqumdagi Kenes va Jadir (miqdori 300 mln. t. dan ortiq) konlaridir. O'zbekiston temirining asosiy miqdorlari Sulton Uvays tog'lari (68 %), Qizilqumda (14 %), qolgan qismi Toshkent va Surxondaryo viloyatlaridadir. Kezi kelganda shuni aytish lozimki, respublikamizda har yili taxminan 2 mln. t. temir- tersaklar yig'iladiki, uni hammasi cho'yan va po'latga aylantirilsa, mamlakatimizning unga bo'lgan ehtiyojini 50-60% ni qondirgan bo'lar edi, ammo hozirgi kunda to'planayotgan temir tersaklarning atigi 27 % 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 boradi. 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, CO_2 gazlari va boshqalar) tozalanadi. Shixta namligi (200°C da) bug'lanib qurigach, uning harorati orta boradi va 400—600°C da Fe, Mn va Mg karbonatlari jadal parchalana boshlaydilar. Pech harorati 800—900°C ga yetgach, ohaktosh va dolomit parchalana boshlaydi.

$$CaCO_3 \xrightarrow{t^+} CaO + CO_2 - 177{,}9\,kJ;$$

$$MgCO_3 \xrightarrow{t} MgO + CO_2$$

Shixta tarkibidagi koks ham pechning ostidan domna havo qizdirgichlarida (kauperlar) 800°C gacha qizigan va kislorodga boyitilgan gaz bilan to'qnashib yonadi. $S+O_2=SO_2+401$ *kJ* pechga yonish uchun kiritilgan gaz yonadi.

$$CH_4 + 2O_2 = SO_2 + 2H_2O + 802{,}5 \text{ kJ}$$

Yuqoridagi reaksiyalar natijasida hosil bo'lgan gazlar ham (CO_2, H_2O) turli ta'sirotlariga uchraydi. CO_2 gazi pechning yuqorisiga ko'tarilib, issiq koks bilan reaksiyaga kirishadi va is gaziga aylanadi.

$$CO_2 + C \rightleftarrows 2CO - 167 \text{ kJ}$$

Suv bug'i esa issiq koks bilan qaytarilib SO va N_2 hosil qiladi.

$$C+H_2O \rightleftarrows CO + N_2 - 126 \text{ kJ}$$

Hosil bo'lgan CO gazlari H_2 temirni, oksidlaridan qaytaradi. Temir oksidlari turlicha qaytariladi. Eng oson qaytariladigani Fe_2O_3, keyin Fe_3O_4 va eng qiyin qaytariladigani FeO dir.

$$3Fe_2O_3+CO \rightleftarrows Fe_3O_4+ CO_2 + 63 \text{ kJ}$$
$$Fe_3O_4+ CO \rightleftarrows 3FeO + CO_2 - 22 \text{ kJ}$$
$$FeO + CO \rightleftarrows Fe+ CO_2 + 13 \text{ kJ}$$

Qaytarilgan temir suyuqlanib, pastga tushadi. CO_2 esa yuqoriga ko'tariladi. Muvozanat batamom o'ngga siljiydi. Vodorod ham CO kabi yuqoridagi reaksiyaga o'xshash temir oksidlarini qaytarish uchun sarflanadi. Bunda hosil bo'lgan suv bug'lari yuqorida aytilganidek, koks bilan qaytarilib yana H_2 va CO ga aylanaveradi. Temir oksidlarini qaytarish natijasida hosil bo'lgan CO_2 ham yuqoriga ko'tarilgach, issiq koks ta'sirida yana CO ga aylanadi. Shunday qilib, bu jarayon takrorlanaveradi. Temir oksidlarining qaytarilishini umumiy bir tenglama bilan yozish mumkin:

$$Fe_2O_3+3CO \rightleftarrows 2Fe+3CO_2+27 \text{ kJ}$$

Reaksiya qaytar bo'lganligi uchun CO va H_2 kabi gazlarning hammasi qaytarishga sarflanmay qisman domna gazlari bilan pechdan

chiqib ketadi. Domna gazlari tarkibida N_2, CO_2, 27—30 % CO hamda ozroq H_2 va CH_4 bo'ladi.

Temir oksidlari nafaqat SO va N_2 bilan balki, uglerod (koks) bilan ham qaytariladi. Temir oksidlarining uglerod bilan qaytarilishiga *to'g'ri qaytarish* deyiladi. Uglerod bilan qaytarilish 1000°C dan yuqori boradi. Qaytarish uchun faqat koks uglerodi emas, balki CO ning termik parchalanishidan hosil bo'lgan uglerod ham qatnashadi.

$$2CO \rightleftarrows CO_2+C$$

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

$$2\ MnO_2+CO= Mn_2O_3+CO_2+227\ kJ$$
$$3\ Mn_2O_3+CO= 2Mn_3O_4+CO_2+170\ kJ$$
$$Mn_3O_4+CO= 3MnO+CO_2+52\ kJ$$

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

$$MnO+C \rightleftarrows Mn+CO—287,4\ kJ$$

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

$$SiO_2+2C=Si+2CO—634,7\ kJ$$

Fosfor esa C va SiO_2 ta'sirida qaytarilib, erkin fosforga aylanadi va har ikkalasi ham cho'yan erib uning tarkibiga o'tadi.

$$Ca_3(PO_4)_2+5C+3SiO_2=2P+5CO+3Ca\ SiO_3$$

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.

$$FeS+CaO \rightleftarrows FeO+CaS$$
$$FeS+Mn \rightleftarrows Fe+MnS$$

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

$$MnS+CaO=MnO+CaS$$

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 CO ning parchalanishdan hosil bo'lgan uglerod (koks) bilan (temirning bir qismi) karbit (sementid) hosil bo'ladi.

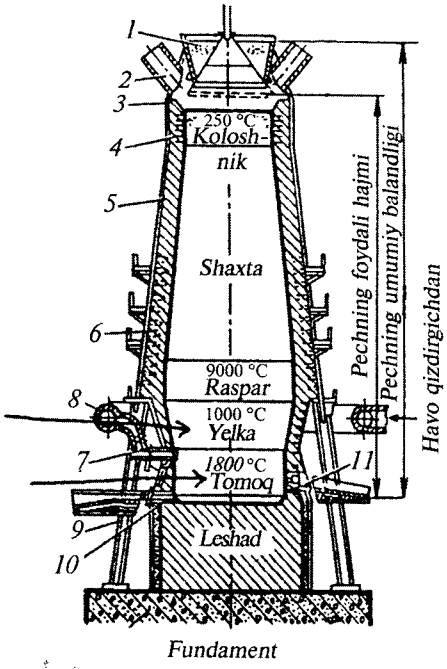
$$3Fe+C \rightleftarrows Fe_3C$$

Hosil bo'lgan temir karbidi va uglerod, temirda eriydi. Natijada ancha oson suyuqlanadigan qotishma (tarkibila 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 da boshlanadi. Ohaktoshni parchalanishidan hosil bo'lgan CaO, dolomitning parchalanishidan hosil bo'lgan MgO hamda Al_2O_3lar bunday sharoitda (domna jarayonida) qaytarilmaydi. Ammo bir-biri hamda SiO_2 va ko'mirning kuli bilan birikib, turli xil tarkibli birikmalarni: kaliy silikat ($CaO+SiO_2=CaSiO_3$), magniy silikat ($Mg+SiO_2= MgSiO_3$), kalsiy aluminat ($CaO\ Al_2O_3$), kalsiy alyumosilikat $(CaO)_2 \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$),

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 (85- rasm) to'xtovsiz ishlaydigan konnussimon minora bo'lib, umumiy balandligi 60 m, diametri 10 m. Minora devorlari o'tga chidamli g'ishtdan qilingan bo'lib, isib ketishdan saqlash uchun devor oralig'iga ichidan suv o'tib sovituvchi sovitgichlar o'rnatilgan. Yuqoridan pastga tushgan sari devor qalinligi ortib boradi va ostki qismida (gornda) 1,5 m. ga yetadi. Chunki u yerda harorat eng yuqori bo'ladi. Pechning ostki qismi o'txonasi (gorn) keng bo'lib, diametri 12-16 m. gacha bo'ladi. Yuqori qismi esa torayib ketgan, konussimon. Pechning bunday tuzulishi shixtaning bir tekisda pasta tushishini, gaz oqimining pechning butun hajmida teng taqsimlanishini taminlaydi. Tashqi tomondan pech po'lat g'ilof bilan qoplangan.



85- rasm. Domna pechining kesimi.

1 — to'kuvchi apparat; 2 — gaz chiqish joyi; 3 — po'lat g'ilof; 4,5 — qoplamasi; 6 — sovutgich; 7 — tayanch halqa; 8 — havo kiradigan joy; 9 — kolonna; 10 — cho'yan chiqish joyi; 11 — shlak chiqish joyi.

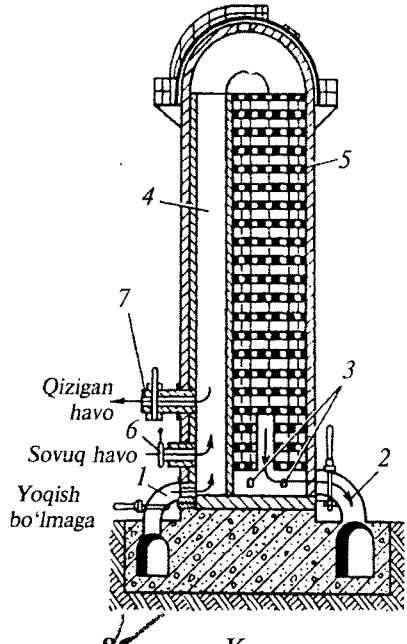
Domna pechi bir necha qismlarga bo'linadi: tepa tomoni-koloshnik, o'rta qismi - shaxta, eng keng qismi - raspar, ostki (silindirsimon) qismi - gorn, rasparni gorn bilan tutashtiruvchi qismi - zaplechnik va gornning yuqori qismida havo puflash teshigi - furma, ostki qismi leshad va boshqalar.

Pechning tepa qismida avtomat to'quvchi qurilma o'rnatilgan bo'lib, u xomashyoni germitik to'kish uchun xizmat qiladi va domna gazlarining tashqarisiga chiqib ketishiga 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 teppasiga chiqadi. Bir yo'la ikkita skip harakat qiladi: bittasi pech teppasiga chiqqanda, ikkinchisi, domna ostiga tushadi. Skipdagi xomashyo pech tepasiga olib chiqilgach, yo'naltiruvchi qimirlamaydigan qadag'ga 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 xomashyoni to'kgach, ma'lum burchakka (600 ga) aylanadi.

Shunday qilib xomashyo har gal domnaning bir joyga to'kilavermay, har 5-10 daqiqada alohida porsiyalar shaklida qavat-qavat (bir qavat ruda, ikkinchisi flyus va uni ustida koks) pechning koloshnik qismiga to'kiladi. To'kish uchun navbat bilan avval kichik konus, pastga tushadi, keyin u yuqoriga ko'tariladi, katta konus to'shadi. Natijada pech ichida shixtaning bir joyda to'planib qolishining oldi olinadi va uni bir tekisda taqsimlanishi taminlanadi. 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 o'tib uglerod bilan to'yinib, suyuqlanadi va gorn qismiga oqib tushadi. Gorn tagida suyuq cho'yan va shlak, qavat hosil qilib yig'iladi. Ular maxsus teshiklar orqali chiqarib olinadi. Shlak har 1 soatda, cho'yan har 4—6 soatda bir marta olinib turiladi.

Domna pechiga beriladigan havo 900—1300°C gacha regeneratorlarda (Kauperda) qizdirib yuboriladi. Kauper (bu so'z regeneratorni ixtiro etgan, Fransuz injenerining nomidan olingan)

davriy ravishda ishlovchi silindrsimon apparat bo'lib, (86-rasm) balandligi 45 m, ichining diametri 6-9 m. Ichi o'tga chidamli g'isht bilan (shomot) qoplangan. Kauperning ichi yoqish (4) va nasadka (5) bo'lmalaridan 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.



86- rasm. Kauper.
1, 6, 7 — gaz kirish-chiqish tuynuklari; 2 — tutun chiqish joyi; 3 — sovuq havo kirishi; 4 — yoqish bo'linmasi; 5 — nasadka bo'linmasi.

Yonishdan hosil bo'lgan issiq gazlar gumbazdan aylanib, yuqoridan pastga tomon nasadka orqali o'tadi va uni qizdiradi. Nasadka harorati 1200-1300°C ga yetgach (2-3 soatdan so'ng) gazni yoqish to'xtatiladi va tutun chiqaruvchi mo'ri (2) berkiladi. 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 nasatkalar qizdirilayotgan bo'lsa, ikkinchisidan esa havo o'tkazilib kauper nasadkasi sovitilayotgan bo'ladi. Domna jarayonida 1000-1300°C gacha isitilgan havoni qo'llash (haroratning har 100°C oshishida mahsuldorlikni 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_3C 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 (ferrosilisiy tarkibida 10—12 % gacha Si, oynasimon yaltiroq -12-20 % gacha Mn, ferro-marganets — 60—80 % gacha ushlaydi) po'lat olish uchun ishlatiladi.

Domnadan chiqindi sifatida olinadigan shlak ham keng sohalarda ishlatiladi. Masalan, shlakdan sheben, graviy, shlakabeton, shlakli penza, penabeton, shlakpaxta, shlakoportlandsement va boshqalar ishlab chiqariladi. Yana domna gazi tarkibida 30% gacha CO, 60 % N_2, 10 % CO_2 va changlar bo'ladi. Bu gaz changlardan tozalangach, turli maqsadlarda yoqish uchun ishlatiladi. Domnaning muhim ko'rsatkichlariga uning foydali hajmidan foydalanish koeffitsienti (FHFK) va koks sarfi kiradi.

Domna pechining samaradorligi, uning FHFK bilan baholanadi. Yani 1 t. cho'yan olish uchun pechning (sutka/m^3 larda) qancha foydali hajmi to'g'ri kelishini ko'rsatadigan kattalik. Hozirgi paytda FXFK kamayib 0,45-0,5 % ga, pechning foydali hajmi esa 5000 m^3 gacha yetkazilgan (1913- yillarda esa FXFK 2,5-3 ga, pechning foydali hajmi esa 200 m^3 ga teng edi). Shunday ulkan pechlarda bir yilda 4,2 mln. t. gacha cho'yan ishlab chiqariladi.

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

Domna pechlarining bunday mahsuldorligi eng avvalo yoqilg'i sifatida tabiiy gazni qo'llab koks sarfini qisman kamaytirish orqali taminlanadi. 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 jadalligini oshirishning asosiy omillaridir.

3- §. 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 P ni imkoni boricha to'liqroq yo'qotish ko'zda tutiladi. Bu qo'shimchalarning po'lat tarkibida bo'lishi maqbul emas, chunki S po'latni issiqda sinuvchan (po'lat qizdirib turib mexanik ishlaganda darz ketadi), P esa po'latni sovuqda sinadigan (odatdagi sharoitda ishlaganda mo'rtligini oshiradi) qilib qo'yadi.

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 ketadi (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.

$$2Fe + O_2 \rightarrow 2FeO$$
$$2C + O_2 \rightarrow 2CO$$
$$Si + O_2 \rightarrow SiO_2$$
$$2Mn + O_2 \rightarrow 2MnO$$
$$4P + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5$$
$$S + O_2 \rightarrow SO_2$$
$$Fe_2O_3 + Fe \rightarrow 3FeO$$

Hosil bo'lgan FeO 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.

$$C+FeO \rightarrow Fe+CO+153\ kJ$$

$$Si+2FeO \rightarrow 2Fe+SiO_2+264\ kJ$$

$$Mn+FeO \rightarrow Fe+MnO+100\ kJ$$

$$2P+5FeO \rightarrow 5Fe+P_2O_5+199\ kJ$$

Hosil bo'lgan okisdlar: SiO_2, MnO, P_2O_5 flyus bilan birikib shlakka aylanadi. Shlakka qisman oltingugurt ham CaS shaklida erib o'tadi, chunki CaS suyuq metallda erimaydi.

$$CaO+SiO_2 \rightarrow CaSiO_3$$

$$3CaO+P_2O_5 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2$$

$$CaO+FeS \rightarrow FeO+CaS$$

Metall ustida shlakning hosil bo'lishi suyuq metallni kislorod bilan bevosita tasiridan saqlaydi. Ammo oksidlanish jarayoni FeO tasirida davom etaveradi (biroq sekinlashadi).

Suyuq metalldan CO ning ajralib chiqishi po'latning *«qaynashi»* deyiladi. Po'lat suyuqlanmasi tarkibidagi uglerod miqdori tez analiz (ekspress analiz) usullari yordamida aniqlanadi. Suyuqlanma tarkibi talab darajasiga yetgach, ya'ni oksidlanish reaksiyalari tugagandan keyin tarkibida hali ma'lum miqdorda 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.

$$2FeO+Si \rightarrow 2Fe+SiO_2$$

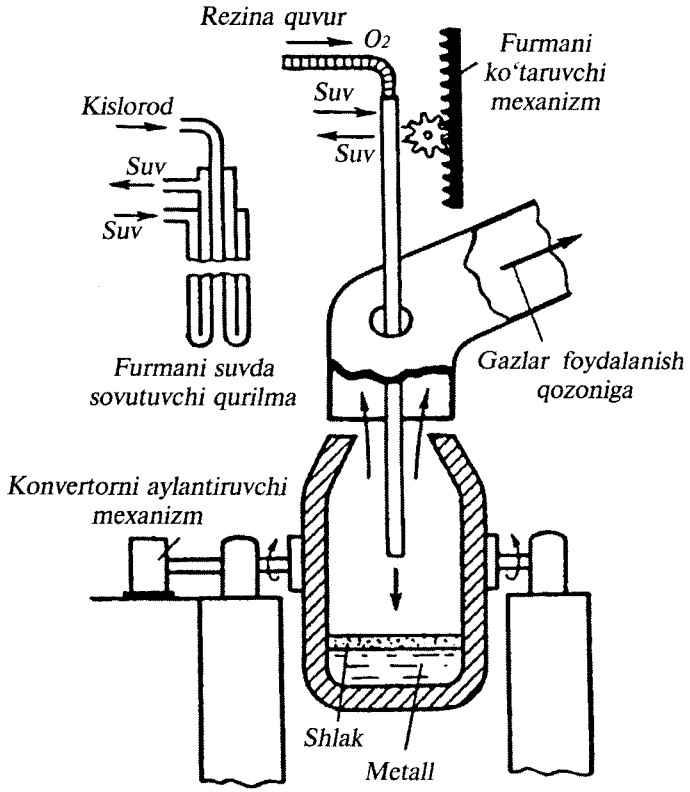
$$FeO+Mn \rightarrow Fe+MnO$$

MnO esa SiO_2 bilan reaksiyaga kirishib, marganets silikatni hosil qiladi va u shlak sifatida chiqarib tashlanadi. $MnO+SiO_2 \rightarrow MnSiO_3$

Po'latni 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 reaksiyasigaga 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'yanning qayta ishlab po'lat olishda cho'yan tarkibidagi qo'shimchalarni oksidlash jarayoni noksimon shakldagi katta metall qurilma - konvertorlarda amalga oshiriladi (87-rasm). Konvertor ichi o'tga chidamli g'isht bilan qoplangan noksimon qurilma bo'lib, tashqi tomoni po'lat bilan qoplangan ikki yon tomonidan 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.



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

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 reaksiyalari ketadi. Bu usulning asosiy afzalligi shundaki, u tejamli usuldir. Kerakli haroratni (1700°C) saqlab turish uchun yoqilg'i yoqish talab yetilmaydi, 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 (dolomidli g'ishtlar) bilan qoplangan bo'ladi. Bu usulda yuqori harorat asosan fosforning oksidlanishidan hosil bo'ladi va hosil bo'lgan shlak tarkibida fosforni ($Ca_3(PO_4)_2$ shaklida) ko'p ushlagani uchun maydalanib, tomosshlak nomi bilan fosforli o'g'it sifatida ishlatiladi.

Har ikkala konvertor usulning 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 sovitilib turiladi. Kislorod katta bosim ostida suyuq cho'yanga puflangani uchun cho'yan orasidan o'tib uni qo'zg'aydi va shlak bilan aralashishini taminlaydi. Toza kislorod bo'lgani uchun bu usulda oksidlanish reaksiyasi jadal ketadi, bu holat konvertorga temir-tersak, ruda va flyus qo'shish imkonini beradi. Konverdorda po'latning cho'yanga aylanish jarayoni 35-40 daqiqada tugallandi. Hajmi 100 tonnali kislorod konvertorining balandligi 8 m, diametri 4 m, unda po'lat suyuqlantirilib olish jariyoni 45 daqiqa davom etadi. Shunday pechning mahsuldorlgi 750 ming t/yilga teng.

Marten usuli. Bu usul 1864- yilda fransuz injeneri P. Marten tomonidan kashf etildi. Marten pechi (50- rasm) ikki qismdan: vanna va regeneratorlardan tuzilgan. Pech tepa qismi, vanna usti gumbazi, vanna, old orqa va yon devorlaridan iborat. Vannaning ichki devorlari o'tga chidamli g'ishtlardan 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 regeneratorlari bo'lib, ularning ichi o'tga chidamli g'ishtdan yasalgan nasadka bilan to'lg'azilgan.

Havo va yonuvchi gazlar regeneratorda qizdirib olinadi. Bir juft reganerator orqali yoqilg'i yonishida hosil bo'lgan issiq gazlar (1600°C) o'tkaziladi. Natijada regenerator devorlari (nasadka qattiq qiziydi). So'ngra gazlar oqimining yo'nalishi o'zgartiriladi. Yani qizdirilgan regeneratorlar orqali havo yonuvchi gaz, qizdirilmagan ikkinchi juft regenerator orqali esa yoqilg'ining yonishidan hosil bo'lgan issiq gazlar o'tkazaladi. 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'shimchalargina 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 pechinning (bir marta suyuqlantirganda 500 t. po'lat tayyorlab beradi) uzunligi 16 m, eni 6 m, 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

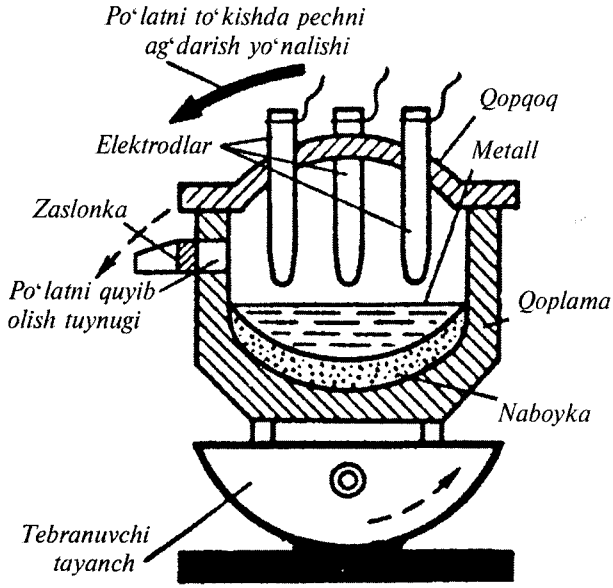
olish mumkin. Ammo marten usulini kislorod konvertor usuliga taqqoslanadigan bo'lsa, anchagina kamchiliklarga ega. Masalan, yuqorida aytilganidek, konvertor usulida po'lat suyuqlantirib olish jarayoni 35—45 daqiqa davom etsa, eng takomillashgan marten pechida esa bu jarayon 6—8 soat davom etadi. Mahsuldorligi 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 arzonga tushadi. Shuning uchun ham hozirgi paytda po'lat olishning Marten usulida zavod qurish to'xtatilgan. Eskilarining samaradorligi 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 yoyli 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, oksidlanish, 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 Marten pechlarini qurishga qaraganda ancha arzonga tushadi.

Respublikamizdagi yagona Bekobod po'lat 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 olinar edi). 1977- yildan boshlab har birining qudrati 250 ming t/ yilga teng bo'lgan beshta elektr pechi o'rnatila boshlandi. Hozirgi kunda u 1 mln 250 ming t/yil po'lat eritib bormoqda. Bu pech 120-250 voltli o'zgaruvchan tokda ishlaydi. Pechning tashqi tomoni po'lat g'ilof bilan, ichki qismi esa o'tga chidamli magnezitli g'ishtlar qoplangan, 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 (88-rasm). Shu elektrodlar va metall shixta yoki suyuq metall orasida elektr yoyi hosil bo'ladi.



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

Bunday pechda 1 t. po'lat olish uchun 400—1000 kvt/s elektr energiyasi sarflanadi. Suyuqlantirish jarayonini jadallash 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 (0,133 MPa) olib boriladi. Bunda xomashyoga 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 asboblar, 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 P va 0,04 % gacha S) 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 xromanikelli 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 apparatlari, 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 apparatlar (sintez kolonnalari, rektorlar, kompessorlar, quvurlar va boshqalar) tayyorlashda ishlatiladi. Xrom volframli po'latlar (4-5 % Cr, 9-I9 % W) keskir, qattiq va issiqlikka chidamli bo'lib, kesuvchi asboblar, apparatlar tayyorlash uchun sarflanadi. Marganetsli po'latalar (8-14 % Mn) urilishga-zarbaga juda chidamli bo'lib, undan maydalagichlar, 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 foiz ulishini 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 elment 1 % dan ortiq bo'lsa, u holda tegishli harf oldiga ligerlovchi elementning foiz ulishini ko'rsatuvchi son qo'yishadi. Masalan, 20 X N 2V navli po'lat bo'lsa, uning tarkibida 0,15-0,25 % uglerod, 2 % ga yaqin nikel, xrom va volfram 1 % dan kamligini ko'rsatadi.

4- §. Po'latga termik va kimyoviy ishlov berish

Termik ishlov berish po'lat texnologiyasida muhim operatsiya bo'lib, bunda yuqori haroratda qizdirilib, so'ngra kerakli tezlikda sovitish yo'li bilan strukturasi va xossalarini 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 γ - temirdagi qattiq eritmasi (austenit), o'ta to'yingan α- 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 potashdan 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- §. Aluminiy ishlab chiqarish

Rangli metallar ichida qo'llanish ko'llamining kengligi va ishlab chiqarish hajmi jihatidan aluminiy birinchi o'rinni egallaydi. Alyuminiy yengil (ρ = 2,7 g/sm^3), oson suyuqlanuvchi (s.t. — 660°C), kukunsimon oq, yumshoq, yaltiroq metall, 2500°C da qaynaydi. Elektr tokini juda yaxshi o'tkazadi. U juda plastik bo'lib, undan simlar, tunika hamda yupqa aluminiy qog'ozlari (folgalar) yasash mumkin.

Olinishi. Aluminiyni 1886- yilda M. Charlz, Xol (AQSh) va Pol Eru (Fransiya) bir-biridan xabarsiz holda Al_2O_3 dan elektroliz

qilib olish usulini ishlab chiqdilar. Shu usulga binoan aluminiy, aluminiy oksidi (Al_2O_3) bilan kriolit (Na_3AlF_6) aralashmasi suyuqlanmasini elektroliz qilib olinadi. Aluminiy oksidini (glinozyomni) 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 $Al_2O_3 \cdot H_2O$; $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ saqlaydi, yana 2 - 20 % gacha kremniy oksidi - SiO_2 temir, titan marganets, kalsiy, magniy oksidlari va boshqalarni saqlaydi. Uning yirik konlari Rassiya va Qozog'istonda joylashgan, O'zbekistonda ham uning konlari bor. Boksitli konlar Farg'ona vodiysida, Boysunda va Karmana tog'larida joylashgan (o'rtacha sifatli konlariga Jaloyir, Nurota, Qizilbo'loq, Qizilqumdagi Oqtov konlarini ko'rsatish mumkin). Nefelin bu ishqoriy alumosilkat bo'lib, $(Na,K)_2O.Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ - 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 Al_2O_3 saqlaydi) aylantiriladi.

Alunit — $(Na,K)_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 4Al(OH)_3$ rudasi tarkibida 20 % - gacha Al_2O_3 saqlaydi. O'zbekistonda alunit koni Ohangaronda joylashgan.

Kaolin - $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ 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'zbekistondagi Angerenda - Oltintov va Bukatovdadir.

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_3ni ishqor bilan eritib eritmani erimaydigan qo'shimchalardan ajratib olishga asoslangan. Bu usulda 5 % gacha SiO_2 saqlovchi 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 avtolavda 0,4-1,5 MPa bosimda issiq suv bilan 150-200°C qizdiriladi. Boksit ishqor ta'sirida eruvchan birikmaga aylanadi. Reaksiya jarayonida boksit tarkibidagi glinozyom va kremnezyom eritmaga o'tadi:

$$Al_2O_3 \cdot nH_2O + 2NaOH = NaAlO_2 + (n+1)\ 2\ H_2O$$
$$SiO_2 + 2NaOH = NaSiO_3 + H_2O$$

Pulpa avtoklavdan olinadi, yuvuvchi suv bilan suyultiriladi (Na_2O ning konsentratsiyasi 150 g/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 — Na_2SiO_3 bilan o'zaro ta'sirlashib, erimaydigan natriy alyumosilikatga aylanadi:

$$2NaAlO_2 + 2Na_2SiO_3 + 4\ H_2O =$$
$$= Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2\ SiO_2 \cdot 2\ H_2O + 4\ NaOH$$

Alyumosilikat 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 (vikruchivaniye) deyilib, unda to'xtovsiz aralashtirib turgan holda, 60-90 soat mobaynida suyultirilgan natriy aluminat eritmasining asta-sekin 60° dan 40° gacha sovitish yo'li bilan parchalantriladi. Eritmadan natriy aluminatning gidrolizi reaksiyasi natijasida aluminiyning 50% ga yaqin qismi $Al(OH)_3$ ko'rinishida cho'kmaga tushadi.

$$NaAlO_2 + 2H_2O = Al(OH)_3 + NaOH$$

Qayirish oldidan eritmaga toza cho'ktirib olingan kristallaridan qo'shiladi. U qo'r vazifasini o'taydi, ya'ni $Al(OH)_3$ yaxshi filtrlanadigan shaklida tez cho'kishini taminlaydi. Pulpa tindirgichda tindiriladi va barabanli vakuum - filtrda filtrlanadi. Tarkibida gidrolizlanmay qolgan $NaAlO_2$ va NaOH saqlovchi filtrat -qo'r eritma (matochniy rastvor) bug'lantiriladi. Boshlang'ich konsentratsiyaga (tarkibida Na_2O ning miqdori 30 g/l bo'lguncha) kelguncha NaOH qo'shiladi va boksitni suyuqlikda maydalash va eritish uchun yuboriladi.

To'rtinchi bosqich kuydirish - kalsinatsiya. Bunda olingan $Al(OH)_3$ cho'kmasi aylanuvchi barbanli pechlarda suyuq yoki gaz yoqilg'ilar yoqilib 1200°C haroratda kuydiriladi-kalsinatsiyaladi.

$$2Al(OH)_3 = Al_2O_3 + 3H_2O$$

Natijada tarkibida 0,06-0,15 % gacha SiO_2 saqlovchi juda toza aluminiy oksidi-gilinozyom olinadi.

Quruq ishqoriy usul. Amalda har qanday miqdorda va har qanday birikma shaklidagi aluminiy saqlovchi ashyolarni 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 saqlovchi qo'r eritma hamda oq shlam (alyumosilikat) bilan aralashtiriladi. Ular shunday nisbatlarda aralashtiriladiki, bunda 1 mol Al_2O_3 va 1 mol Fe_2O_3 ga bir 1 Na_2CO_3 hamda 1 mol SiO_2 ga 2 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 5 m) solinadi. Shixta navbat bilan pechni quritish, parchalash, zarrachalarning bir-biriga yopishib yaxlitlanish va nihoyat sovush zonalari orqali o'tadi. Yaxlitlanish (yopishish) jarayoni asosiy bosqich bo'lib, 1000-1200°C haroratda boradi.

$$Na_2CO_3 + Al_2O_3 = 2NaAlO_2 + CO_2$$

$$2CaO + SiO_2 = 2CaO \cdot SiO_2,$$

$$Na_2O(K_2O)Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 + 2CaO = 2Na(K)AlO_2 + 2(CaO \cdot SiO_2)$$

Bu reaksiyalarning tezligi yuqori haroratda kalsiy aluminat va alyumosilikatlar hosil bo'lishi reaksiyasi tezligidan ancha kattadir. Kremnezyomning ozroq qismi Na_2SiO_3 shaklida, temir oksidi esa $Na_2O \cdot Fe_2O_3$ shaklida bog'lanadi. Hosil bo'lgan spyok (suyuqlanib bir-birisiga 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°C haroratda qizdiriladi.

$$2Na_2SiO_3+2NaAlO_2+Ca(OH)_2+4H_2O=$$
$$=CaO\cdot Al_2O_3\cdot 2SiO_2\cdot 2H_2O+6NaOH$$

Hosil bo'lgan oq shlam (alyumosilikat) cho'kmaga tushadi. Cho'kma tindirish va filtrlash yo'li bilan ajratib olinadi. Filtrat (eritma)ga esa spyoklash vaqtida hosil bo'lgan tarkibida 10-14 % CO_2 saqlangan tutun gazi bilan ishlov beriladi. Bunda natriy gidroksidi neytrallanganligi uchun, natriy aluminati gidrolizlanadi. Hosil bo'lgan $Al(OH)_3$ cho'kmaga tushadi.

$$2NaOH(KOH)+CO_2=Na_2CO_3(K_2CO_3)+H_2O$$
$$NaAlO_2+2H_2O=Al(OH)_3\downarrow+NaOH$$

Bu usulda NaOH (KOH) ni to'xtovsiz neytrallab turilishi sababli eritma holdagi aluminatni parchalash, Bayer usuliga qaraganda ancha tez va to'liqroq bo'ladi.

Yopishish usulida glinozyom- Al_2O_3 ning unumi 80 % ga etadi. Ishqoriy ho'l usulda esa 55% bo'ladi. Bundan tashqari ancha arzon reagentlar: Na_2CO_3 va CaO qo'llaniladi. Glinozyomning tan narxini 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. Ular kristallanib filtratdan ajratib olinadi. Qolgan qismiga shlamga ohaktosh qo'shib qayta ishlash yo'li bilan uni portlandsementga aylantiriladi.

1 t. Al_2O_3 olganda chiqindisidan qo'shimcha 1 tonnaga yaqin soda va potash, 7—8 tonna sement olinadi. Ishlab chiqarishda biror chiqindining bo'lmasligi bu usulni juda samarali ekanligidan dalolat beradi. Bu usul xomashyoni kompleks foydalanishga yaqqol misol bo'la oladi.

Aluminiy oksidini vodorod yoki biror metall bilan qaytarib olib bo'lmaydi. Uglerod esa 2100°C haroratdagina qaytara boshlaydi, ammo bunday haroratda u aluminiy karbid hosil qiladi. Toza aluminiy oksidi elektr tokini o'tkazmaydi. 2050°C da 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:

$$Al(OH)_3+6HF=H_3AlF_6+3H_2O$$

$$2H_3AlF_6+3Na_2CO_3=2Na_3AlF_6+3H_2O+3CO_2$$

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 980^0-1000°C. Bunday aralashmaning elektr o'tkazuvchanligini oshirish hamda kriolit tarkibidagi dissotsiyalangan 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 dissotsiyalanadi. Shuning uchun ham u elektrni yaxshi o'tkazadi:

$$Na_3AlF_6 \rightleftarrows 3Na^+ + AlF_6^{3-}$$

Hosil bo'lgan AlF_6^{3-} ioni Al^{3+}va F^- ionlariga qisman ajraladi. Elektroliz inert elektrodlarda (uglerodli) olib boriladi. Elektrolizyorning ostida presslangan ko'mir bloklar qo'yilgan bo'lib, katod vazifasini bajaradi. Aluminiydan yasalgan ichi ko'mir briketi bilan

to'latilgan karkaslar eletrolizyorning yuqori qismiga o'rnatilgan bo'lib, anod vazifasini bajaradi. Suyuq Al_2O_3 ionlarga ajaraladi.

$$Al_2O_3 \rightleftarrows Al^{3+} + AlO_3^{3-}$$

Katodda birinchi navbatda Al^{3+} qaytariladi (normal potensiali -1,66 V):

$$Al^{3+}+3e^- \rightarrow Al^0$$

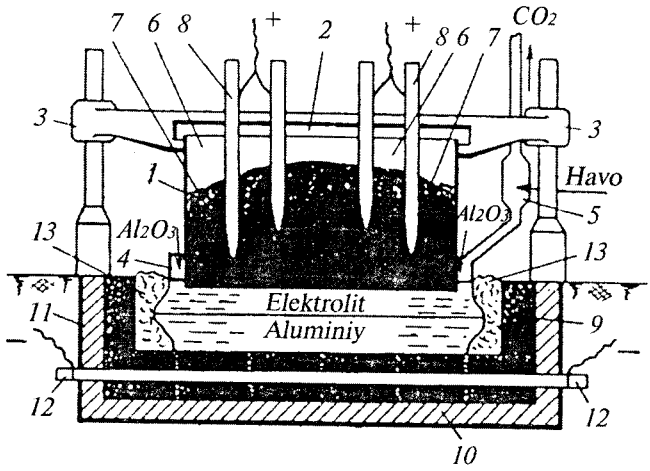
Anoda esa AlO_2^{2-} va AlO_3^{3-} ionlari zaryadsizlanadi.

$$2AlO_3^{3-} - 6e^- \rightarrow Al_2O_3 + 1{,}5\ O_2$$
$$2AlO_2^{2-} - 2e^- \rightarrow Al_2O_3 + 0{,}5\ O_2$$

Ajralgan O_2 anod ko'miri bilan birikib qo'shimcha reaksiyalarga sabab bo'ladi. Natijada anoddan chiqadigan gaz tarkibida O_2 dan tashqari CO va CO_2 ham bo'ladi. Katodda ajralgan Al metalining zichligi (ρ=2,73g/sm^3)suyuqlanmanikidan (ρ=2.35g/sm^3) katta bo'lganligi uchun elektrolizyorning ostida to'planadi.

Ishlab chiqarishda kuydirilgan yoki o'zi kuyuvchi anodli elektrolizyorlar qo'llaniladi (89- rasm). Eni 3 m , qalinligi 1 m bo'lgan po'lat kojux (qoplama)ga o'rnatilgan, anod (1) yuqori qismi anod ramasiga (2) mahkamlangan. Kojux ko'targichga (3) ulangan, uning yordamida yuqoriga ko'tarish yoki pastga tushish mumkin. Kojuxga cho'yan qo'ng'iroq (4) ham o'rnatilgan. Elektroliz paytida ajralib chiqqan gazlar glinozyom va kriolit changlari ventilyatsiya qurilmasi yordamida unda yig'iladi. So'ngra CO garelkada (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. Anod pastga tushgach, sterjin sug'urib olinadi va yana qaytadan qoqiladi. Elektrolizyor tashqi tomoni po'lat bilan qoplangan g'ilofdan (11), uning ustiga chidamli g'ishtdan qilingan devorlardan (10) iborat. Elektrolizyorning ostki va yon tomonlari ko'mir bloklar va plitalardan (9) iborat.



rasm. Anodga yuqoridan tok beruvchi uzluksiz o'zi quyuchi aluminiy suyuqlantirish uchun anodli elektrolizyor.

1 — anod g'ilofi; 2 — anod ramasi; 3 — ko'targichlar; 4 — gaz yig'gich; 5 — uglerod(II) oksidini yoqish uchun gorelka; 6 — yarim suyuq anod massasi; 7 — qattiq anod massasi; 8 — po'lat shtir(mixlar); 9 — ko'mir blok va plitalar; 10 — o'tga chidamli g'isht; 11 — elektrolizyor g'ilofi; 12 — po'lat sterjen; 13 — elektrolitning qotgan po'stlog'i.

Tok berish uchun bloklar orasiga po'lat sterjin o'rnatiladi. Elektrolizyor devori yaqinida va elektrolit ustida elektrolitning qotgan po'slog'i (13) hosil bo'ladi. Bu po'sloq ham issiqlikni izolyatsiyalaydi (o'tkazmaydi) va devorni elektrolitning yemirilishdan himoya qiladi. Aluminiy oksidi har ikki daqiqada 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, ftor birikmalari esa ushlab qolinadi. Suyuq aluminiy sutkada bir marta elektrolizyordan olinadi. Buning uchun po'stloq teshilib, u teshikka quvur tushuriladi va mana shu quvur orqali tortib olinadi va turli shakllarda qoliplarga quyulib, quymalari olinadi.

Shunday elektrolizyorlarda 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.

VIII BOB. YOQILG'INI KIMYOVIY QAYTA ISHLASH

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 ketgan. Ikkinchidan, dastlabki atom reaktorlari muvaffaqiyatli ishga tushirilgandan keyin atom energetikasi yaqin vaqt ichida boshqa energetik manba'larning o'rnini bosadi deb taxmin qilingan. Bu ikkala taxmin (prognoz) noto'g'ri bo'lib chiqdi. Afsuski, mutaxassislar tabiiy yoqilg'ining umumiy zaxiralarini emas, balki ularni qazib chiqarishning muhimligini juda kech tushunib etdilar.

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 jadal sur'atda o'sib bormoqda, bu o'sish texnika taraqqiyoti, sanoatning rivojlanishi hamda aholining ko'payishi bilan yanada 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. Hozir Yer shari aholosining energetik ehtiyojini qondirish uchun 10 mlrd tonna neft yoqilg'isi ekvivalenti miqdorida energiya ishlatilyapti. Natijada atrof-muhitga 24 mlrd t zararli chiqindi chiqarilib, tabiatga jiddiy zarar yetmoqda. Tabiiy energiya manbalarining taxminan 20 % elektroenergiya hosil qilish uchun, 20 % transport uchun, 30 % sanoat uchun va 30 % 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, geogermal energiya manbalari kiradi. Asliga qaytmadiganlarga esa turli yoqilg'ilar neft, gaz ko'mir, slanets, torf kiradi. Energiyaning yangi turlaridan biri bu atom energiyasidir. Ammo «Trimayl aylends» (AQSh) va Chernobil avariyalari sohasida hali yechilmagan muammolar (AESlarning xavfsizligini to'la ta'minlash, radioaktiv chiqindilar, texnik jihatdan takomillashmaganlik va boshqalar) ko'p.

Hozirgi paytda insoniyat o'z ehtiyojlari uchun asosan asliga qaytmaydigan yoqilg'i turlaridan ko'p foydalanmoqda.

Jahondagi hamma energetik ehtiyojlarning 95% hozircha uglerod saqlaydigan tabiiy birikmalar — neft, gaz va ko'mirni yoqish hisobiga qondirib kelinmoqda. Tabiiy yoqilg'ining jahondagi zapaslari 12 800 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 11 200 mlrd tonnasini toshko'mir, 740 mlrd tonnasini neft va 630 mlrd tonnasini tabiiy gaz tashkil etadi.

Asliga qaytadigan energiya turlari va potensial zaxirasi katta bo'lsa ham ulardan yetarlicha foydalanishmayapti. Masalan, Yer kurrasidagi gidroenergiyaning umumiy potensial zaxiralari 73 trillion kVt/soatini tashkil etgani holda hozirgi vaqtda ularning salkam 3 % foydalaniyapti xolos.

1970- yillarda dunyoda energetika taqchilligi boshlandi. Shu yiliyoq neft va gazning 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 homashyo sifatida qoldirish, energiya manbai sifatida nisbatan istiqbolli bo'lgan atom va termoyadro reaksiyalari hamda ko'mir energiyasidan foydalanish juda muhimdar.

Toshko'mirning dunyo zaxirasi 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 (125 510 kJ/kg), ko'mirdan 4 marta ko'p (uglerod 32 800 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 chiqiladigan zaharli gazlar miqdori ancha kamayadi. Benzinga 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'rniga vodorod qo'llanilayotgan zavodlar hozirgi kunlarda ham ishlab turibdi. Uni rangli metallarning 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, faqat oltingugurt va suv chiqindi hisoblanadi. Vodorod kimyoviy texnologiyada metanol va ammiak olish uchun boshqalarda qo'llaniladi.

Vodorodni katta miqyosda olish uchun bir necha alternativ usullar taklif qilingan, bulardan eng istiqbollari 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.

$$2NH_4I+Ni=NiI_2+2NH_3+H_2$$

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.

$$I_2+Na_2CO_3=2NaI+CO_2+\frac{1}{2}O_2$$

Hosil bo'lgan NaJ va CO_2 ga reaksiyaning birinchi bosqichida hosil bo'lgan NH_3 ni qo'shib yana NH_4J olinadi:

$$2NaI+2NH_3+CO_2+H_2O=Na_2CO_3+2NH_4I$$

Dunyoda 1977- yilda 30 mln.t. vodorod ishlab chiqarilgan bo'lsa, 1985- yilga kelib bu ko'rsatgich 50 mln. t. bo'ldi.

Ayniqsa, termoyadro reaksiyalarining energiyasidan foydalanish juda istiqbollidir. Chunki bu reaksiyada ishlatiladigan xomashyo manbai ham bitmas tuganmasdir. Bunda vodorodning og'ir izotopi deyteriy va ozgina tritiy ishlatiladi.

$$^2_1D+^3_1T\rightarrow {}^4_2H\cdot e+^1_0n+17{,}6\ MeV$$

Bu reaksiya uranni parchalanish reaksiyasidan (AES lardan uranni parchalanishidan chiqadigan energiyadan foydalaniladi). Farqi va ajoyib ustunligi shundaki, bu reaksiyada radiaktiv moddalar hosil bo'lmaydi. Demak, atom egnegiyasi radiatsiya xavfidan batamom ozod bo'ladi. Bunday qurilmalarning avariyasi 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 $35\text{-}10^7$ kJ energiya ajralib chiqadi, bu 1 g uran 235 ning parchalanishidan ajralib chiqqan, energiyadan 5 marta ortiqdir. 1 litr suvdagi deyteriy energiyasi 300 l benzin yonganda chiqadigan energiyaga ekvivalentdir. Yerda esa 14.10^{20} l suv bor. Hozirgi hisob kitoblarga ko'ra dengiz va okean suvlaridagi deyteriy zaxiralari 10^{21} tonna neftga ekvivalentdir. Deyteriyning Yer yuzasidagi miqdori taxminan 4.10^{19} tonna.

Termoyadro reaksiyalarini ham hozirgi paytda boshqarish yo'llari topildi. Yaqin kelajakda asosiy energiya manbai termoyadro reaksiyalarining energiyasi bo'lib qolishi ham mumkin.

2- §. Yoqilg'i va uni qayta ishlash

Tabiiy yoki suniy organik yonuvchi moddalar *yoqilg'i* deyiladi. Ular energiya manbai hamda kimyo sanoatining xomashyosidir. Agregat holatiga qarab barcha yoqilg'ilar: qattiq, suyuq va gazsimonga bo'linadi.

6- jadval.

Yoqilg'ining taxminiy tarkibi

Yoqilg'i turlari	Tarkibi, %						Uchuvchan moddalari	Zichligi, g/sm³	Yonish issiqligi, mJ/kg
	Organik moddalar massasi			Namligi	Kuli	Oltingugurt			
	C	H	O+N						
Torf	59	6,0	35	25	4,5	0,4	70	0,5	24,0
Qo'ng'ir ko'mir	75	5,0	20	50	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
Antratsit	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

Qattiq yoqilg'ini yuqori yuqori haroratda qayta ishlash asosan uch yunalishda: piroliz, gazifikatsiya va gidrogenlash orqali amaga oshiriladi.

Piroliz usuli qattiq yoqilg'ini yopiq idishda, havosiz muhitda qizdirishga asoslangan. Bunday sharoitda yirik molekulalar parchalanadi va hosil bo'lgan mahsulotlar ikkilamchi o'zgarishlarga uchraydi. Masalan, ularning polimerlanishi, kondensatsiya, aromatizatsiya va alkillanish reaksiyalariga kirishishi va boshqalar. Bu jarayonlar endotermik bo'lganligi uchun issiqlikni uzluksiz tashqaridan berib turiladi. Olinadigan mahsulotlarni qanday maqsadda ishlatilishiga qarab piroliz har xil haroratlarda: past haroratli piroliz (500-580°C) yoki yarim kokslash, yuqori haroratli piroliz (90^0-1050°C) yoki kokslash sharoitlarida olib boriladi.

Gazifikatsiya deb qattiq yoqilg'ining organik moddalarini 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 molekulalararo, (molekula ichidagi) bog'lari

uzilib, to'yinmagan molekulalariga vodorod birikadi. Bir yo'la oltingugurt, kislorod va azot saqlovchi birikmalari ham gidrogenlanib H_2S, H_2O va NH_3 hosil qiladi.

Gidrogenlash mahsulotlari yengil uglevodorodlar aralashmasidan iborat bo'lib, tarkibida kam miqdorda S, O_2 va N_2 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. Bu jarayon uchun juda yuqori bosim talab qilinishi bu usulning hozirgacha keng tarqalishiga to'siq bo'lib turibdi.

3- §. Qattiq yoqilgini 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 (SO va N_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.

Yarimkokslash. Yarimkokslashdan maqsad past siftli ko'mirdan (kokslashga yaramaydigan toshko'mir) yoki slanesdan kimyoviy hom ashyo hamda suyuq va gazsimon sintetik yoqilg'ilar olishdir. Yarimkokslash mahsulotlari — smola, gazlar birlamchi mahsulotlar deyiladi, chunki ular qattiq yoqilg'ini pirolizida, (pirolizning boshlang'ich boskichida) hosil bo'ladi. Yarimkokslashning birlamchi mahsulotlari unumli va tarkibi dastlabki yoqilg'ining tipiga bog'liq bo'ladi. Yarimkokslash mahsulotlarining taxminiy tarqibi — 7- jadvalda berishgan.

Yarimkoks — bu mo'rt xoldagi qattiq yoki kukunsimon material bo'lib u juda reaksion aktiv, xamda issiqlik beruvchi yoqilg'i, kokslashda shixta komponenti, gazifikatsiyalash uchun dastlabki modda sifatida ishlatilishi mumkin. Yarim kokslash smolasi benzin, kerosin va shu kabi boshka suniy motor yoqilg'isining manbai hisoblanadi. Kaysikim tabiiy neft mahsulotlari qabi smolani haydash yoki uni destruksiyalash orqali olinadi.

7- jadval.

Qattiq yoqilg'ini yarimkokslash mahsulotlari

Mahsulotlar xarakteristikasi	Qo'ng'ir ko'mir Kaonskoachinskiy (Rossiya)	Cheremkova toshko'miri (Rossiya)	Slanes (Boltik bo'yi respublikalari)
1. Yarimkokslash mahsulotlarining unumi, %			
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
2. Smola fraksion tarkibi			
To'yintirilgan uglevodorod	—	3,0	4,0
Neytral moylar	—	47,5	79,6
Karbon kislotalar	—	1,1	1,0
Fenollar	—	19,5	6,3
Piridin asoslar	—	2,7	—
Yuqori molekulyar mahsulotlar	—	18,0	9,0
3. Gazlar tarqibi, % (xajm bo'yicha)			
CO_2	25,9	12,5	21,6
CnCm	2,1	7,6	18,2
CO	22,9	50,0	35,0
N_2O	13,0	7,6	11,3
SnN_2n+2	33,6	18,0	19,0
N_2	2,5	4,3	4,9
Gazninig yonish issiqligi, kJ/m3	16470	27200	32200

Neftning takchil bo'lib borayotganligi sababli yarimkokslash usulining kimyo sanoati hom ashyosining manbai sifatida kadri oshib bormoqda.

4- §. Kokslashda hosil bo'ladigan kimyoviy mahsulotlarni ushlab qolish

Kokslash. Toshko'mirni kokslash hom ashyoni kompleks foydalanishga yaqqol misol bo'la oladi. Dunyoda qazib olinadigan toshko'mirning 40 % ga yaqini, slaneslar va boshka ko'pgina yoqilg'i turlari, koks va koks gazlari (tarqibida ko'p xil moddalar saqlovchi bug-gaz aralashmasi) olish uchun kokslanadi. Sovutilgan koks gazlaridan kondensatlash va absorbsiyalash yo'li bilan yengil aromatik uglevodorodlar (xom benzol), toshko'mir smolasi (kondensatlangan aromatik va geterokislik birikmalar aralashmasi), naftalin, ammiak, fenollar va boshqalar olinadi. Kondensatlanmagan gaz kaytgan 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 govak metallurgiya koksi hosil qilinadigan ko'mirdan foydalaniladi. Odatda sanoatda hom ashyo 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 yakini). Undan tashqari kimyo sanoatida, issiqlik olish manbai sifatida, reaksiya jarayonlarida qaytaruvchi sifatida, shixta tarqibida massani gaz o'tkazish hossasini ashirish maqsadida keng qo'llaniladi. Koks, bu govak modda bo'lib, 965—97,5 % ugleroddan iborat, mexanik mustahkam yuqori energiyaga ega (32000 kJ/kg).

Kokslash smolasi bu koks gazlari sovutilganda kondensatlanadigan yopishqoq, qora rangli suyuqlik. U tarqibida 10000 ga yaqin individual kimyoviy modda ushlaydi. Shundan 300 dan ortiqrog'ini ajratib olishga muvaffaq bo'lingan. Ammo u moddalarning ko'pchiligi smolani 1 % dan kamrog'ini tashkil etadi. Smolani qayta ishlab olinadigan eng muhim birikmalarga, kondensirlangan halkali aromatik

biriqmalari: naftalin va uning xosilalari, fenantren, antrasen, karbazol. Undan tashqari fenol, piridin, uning gomologlari, krezollar, yengil aromatik uglevodlar va boshqalar kiradi.

Xom benzol bu tug'ri koks gazlaridan toshko'mir moyiga yuttirib ajratib olingan yengil aromatik, tuyinmagan va boshka uglevodorodlar aralashmasidir. Xom benzoldagi moddalar rektifikatsiyalash v tozalash yo'li bilan toza va texnik aromatik uglevodorodlar: benzol, toluol, ksilolar, kumaron, solventlar (benzol xosilalarining aralashmasi) va boshqalar ajratib olinadi.

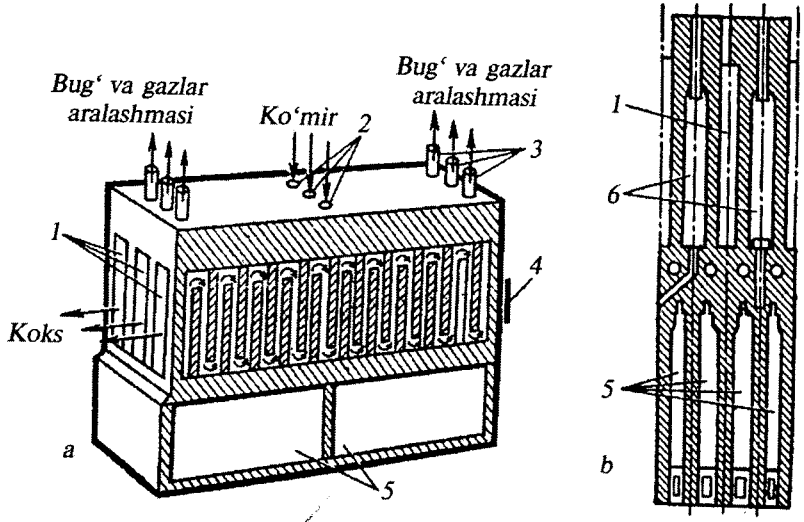
Kokslash jarayoni bu qattiq va bug-gaz fazalar ishtiroqidagi boruvchi ko'p boskichli geterogen jarayondir. Ko'mir shixtasi yopik reaktorda (kokslash pech kameralarida) qizdirishganda kokslash jarayoni ko'rish (100°C gacha), plastik holat (400—500°C), yarimkokslash (500—650°C) va koks hosil bo'lish (650—1100°C) kabi bir necha bosqichlarda boradi.

Kokslash pechi bu kokslash kamerasidan, qizdiruvchi devordan (yoqiladigan gazni yoqish va yonishdan hosil bo'lgan gazlarni — aylanma gazlarni o'tkazuvchi kameralar oraligiga o'rnatilgan devor) va chiqib ketuvchi issiq tutash (gazlar) haroratidan foydalanish imkonini beruvchi regeneratorlardan iborat bo'lgan murakkab agregatdir.

Kokslash pechlari bir necha batareyalardan tashqil topgan bo'lib, batareyalardan bloklar tuziladi. Xar bir kokslash batareyasi parallel ishlovchi 61—79 ta kameralardan tashkil topgan. Batareyalarga bir kancha mexanizmlar xizmat ko'rsatadi, ular ko'mirni kameraga soluvchi vagonlar, koksni kameradan itarib to'kuvchilar, koks kamera devorini oluvchi mashinalar, elektrovozlar bilan yuruvchi koksni uchiruvchi vagonlar va boshqalar.

Kokslash pechning kamerasi (90- rasm) bevosita 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 gishtdan (dinas) qilinadigan ikkita ostki va gumbazli (ustki) qizdirgich devorlar o'rnatilgan bo'ladi. Batareyalarning unumdorligi uning kattaligiga bog'lik bo'ladi. Batareyalarning unumdorligi uning kattaligiga bog'lik bo'ladi. Hozirgi zamon pechlarida kameraning balandligi 5—6 m, uzunligi esa 14—

15 m, eni odatda qizdirg'ich devorlarning issiqlikni o'tkazish tezligiga bog'liq bo'lib 0,5—0,45 m. ni tashqil etadi. Kokslash batareyasining sxemasi 90- rasmda berilgan.



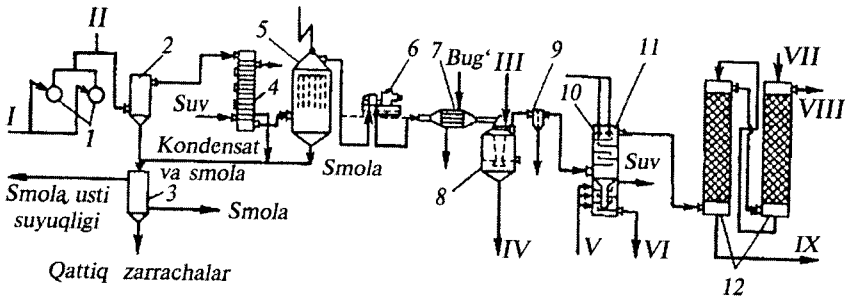
90- rasm. Koks batareyasi.
a — devor qizdirgichi bo'yicha kesimi; b — kameraning ko'ndalang kesimi; 1 — kameralar; 2 — kameraga ko'mir solish tuynuklari; 3 — gaz chiqadigan joyi; 4 — koksitargich; 5 — regeneratorlar; 6 — devor qizdirgichi.

Yoqiladigan gaz (domna yoki tozalangan koks gazlari) qizdiruvchi devorlar oralig'ida yoqiladi (qizdiruvchi devorlar 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 regeneratorlar orqali o'tib, o'z issiqligi bilan uni qizdirib so'ngra pechdan chiqadi. Regeneratorlarda akkumulyatsiyalangan 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 kamerasining 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 sovutilgach koks yorilib mayda-mayda koks bo'lakchalariga ajralib ketadi. Ho'l usulda koksni sovitilganda 50 % issiqlik yuqotiladi. Keyingi yillarda koksni quruq usulda uchirish (sovutish) keng tarqalmoqda. Unda azot gazi (inert) aylanma gaz sifatida koksni sovutadi 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 uchuvchi birikmalar to'g'ri koks gazlari deyiladi) kokslash kamerasidan gaz so'ruv nasoslar yordamida so'rib olinadi. U tarkibida 0°C va 0,1 MRa bosimda 110—130 g/m^3 smola 435—42 g/m^3 benzol uglevodorodlarining bug'lari, 8—14 g/m^3 ammiak, 0,5—1,5 g/m^3 vodorod sulfid va boshqa oltingugurt birikmalar, 10 g/m^3 gacha naftalin, 0,5—1,5 g/m^3 sianli birikmalar, 250—450 g/m^3 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^3/t. ni tashkil etadi. Kokslashning kimyoviy mahsulotlari gazning sovushiga qarab bosqichma-bosqich ajralib chiqadi. Bu jarayon kondensatsiya, xemosorbsiya va fizikaviy absorbsiyaga asoslangan. To'g'ri koks gazlarini qayta ishlash sxemasi 91- rasmda berilgan. Gazning sovushi gaz yig'gichda boshlanadi, chunki gaz yiggichlar sovuq 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 tindirgichga 2 oqib tushadi va qavatlarga ajraladi. Eng ostiga fuslar cho'kadi, uning ustida smola to'planadi (smolaning zichligi 1,15—1,54 g/sm^3). Smola ustida esa smola usti suyuqligi ajraladi. So'ngra gaz suvli sovutgichda 3 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_4SCN, NH_4Cl va boshqalar). H_2S va NH_3 dan sovutilganda hosil bo'luvchi $(NH_4)_2S$ hamda CO_2 va NH_3 dan hosil bo'luvchi $(NH_4)_2CO_3$ lar eriydi. Suyuq mahsulotlar tindirgichga

2 oqib tushadi, gaz esa elektrofiltrga 4 o'tadi. Unda gaz tumandan va smoladan tozalanib gaz nasosiga 5 boradi. Nasos gazni gaz yig'gichlardan so'rib oladi hamda harakatini tezlashtiradi.



91-rasm. To'g'ri koks gazlarini qayta ishlash.
1 — gazyig'gichlar; 2 — separator; 3 — tindirgich; 4 — quvursimon sovutgich; 5 — elektrofiltr; 6 — turbogaza-duvka (gazpuflagich); 7 — qizdirgich; 8 — saturator; 9 — kislotani ushlab qoluvchi separator; 10 — suv sovutgichi; 11 — yuvgich; 12 — nasadkali absorberlar; I — sovuq smola usti suvi; II — gazbug'li aralashma; III — sulfat kislota; IV — qo'r eritma bilan kristallar aralashmasi; V — issiq smola; VI — smolada naftalin eritmasi; VII — yuttirish moyi; VIII — qaytgan koks gazlari; IX — yuttirish moyida xom benzol eritmasi.

Smola usti suyuqligiga gazdagi barcha ammiakning 30 foizi erib o'tadi (ammoniy tuzlari tarqibidagi ammiakni ham qo'shib hisoblaganda) qolgan qismi olib bo'lmasligi sababli gaz tarqibidagi 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 esa ohakli suv yuborilganligi uchun qizdirishga chidamli.

$$2NH_4Cl+Ca(OH)_2=CaCl_2+2H_2O+2NH_3$$

ammoniy tuzlari parchalanib ammiak ajralib chiqadi va qizdirgichda (6) qizigan (50—60°C gacha) gaz bilan qo'shilib saturatorga (7) kiradi va $((NH_4)_2SO_4$ ga aylanadi. Saturatordan sentrefuga yordamida ammoniy sulfat ajratib olish uchun yuqori harorat qaynovchi moy (absorbsiyalovchi moy) ishlatiladi. Benzol

va gomologlarini erishini kuchaytirish uchun gaz bevosita ta'sir etuvchi sovutkichda (8) suv bilan sovutiladi (Suvdan naftalin ajratib olinadi). Gaz sovutkichda 20°C sovuydi. So'ngra gaz yuttirish minoralari (9, 10) orqali o'tkaziladi (Minora ichi yog'och nasadka bilan to'lgazilgan bo'ladi. Minoralar (10) sovuq moy bilan sug'oriladi. Qarama-qarshi oqim prinsipida). Hom benzolning moydagi eritmasi rektifikatsiyalanib hom benzol yuttiruvchi moy regeneratsiyalanib ajratib olinadi.

O'zbekistonda qattiq yoqilg'i asosan guzapoya va toshko'mirdir. Respublikamizda toshko'mir qazib olish 1941- yillardan Angren ko'mir koni topilgach boshlandi. 1944- yili Shargun va Kuxitong ko'mir konlari topilib ishga tushiriladi. Hozirgi paytda Angrendan har yili 5—6 mln.t. Shargundan esa 0,20, 25 mln.t. ko'mir qazib olinmoqda. Ammo bizda ko'mir kokslash zavodlari hozircha yo'k. G'o'zapoya esa respublikamizdagi gidroliz zavodlarining hom ashyosi hisoblanadi.

5- §. Neft va tabiiy gazni qayta ishlash

Neft yer osti yoqilg'ilarining yagona suyuq vakili. Uni insoniyat juda qadim zamonlardan buyon yaxshi biladi. Chunonchi Frot daryosi (Bobil) sohilida olib borilgan arxeologik qazuvlar u yerda miloddan 6000—4000 yil ilgari neftdan foydalanilganligidan darak 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 konlarda 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.

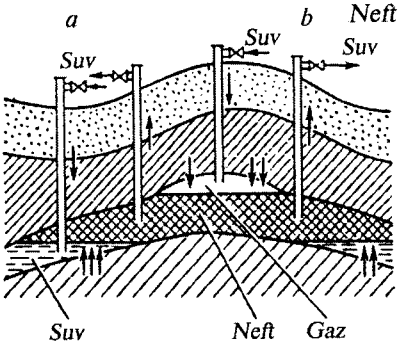
Neft va tabiiy gaz qazib olish usullari. Neft va gaz qazib olish uchun yer yoki tog' jinslari maxsus burg'ulovchi qurilmalar (burovoylar) yordamida diametri 150—250 mm bo'lgan burg'u quduqchalar qaziladi. Burg'ulash qurilmasining balandligi 54 m. Burg'ulash qanday usulda olib borilmasin quduq (skvajina) 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 ham armatura yordamida mahkamlanadi. So'ngra mahsuldor 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 otlib 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. (92-rasm). Bu usullarni qo'llash bilan kondagi neftning 50 % ni olish mumkin. Neft kamaygan konlardan foydalanish uchun yer osti neft qatlamlariga turli usullar bilan ta'sir ko'rsatadilar. Masalan, gidravlik usulida (suv yuborib), kislota bilan ishlov berish, burg'u



92- rasm. Neft qatlamlarida bosim hosil qilish bilan neft olish sxemasi.
a — tepadan suv yuborish;
b — tepadan gaz haydash.

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 Farg‘ona neft konlaridan foydalanish asosan XX asrning dastlabki yillaridan boshlangan. Dastavval Chimyon (1904-yil), keyinchalik Moylisoy, Selroxa, Neftobod (1934 - yil) Andijon neft konlari ishga tushirildi. Farg‘ona vodiysida 30 dan ortiq neft konlari bor. Buxoro, Sirdaryo va Qashqadaryodagi Povontosh (1944-yil), So‘x, Xaudag (1944- yil), Lalmikor, Kakaydi (1939- yil), Uchqizil (1940), Sariton (1956), Muborak, Qoraxitoy, Ayzovod, 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 hozircha yakka-yu yagona bo‘lgan Farg‘ona neftni qayta ishlash zavodi (1906 yil) rekonstruksiya qilinadi va yiliga 5-6 mln t neftni qayta ishlash qudratiga ega bo‘ladi. Buxoroda (Qorovulbozorda) ham yangi qudratli Fransiya texnologiyasi asosida eng zamonaviy neftni qayta ishlash zavodi qurilib, 1997 yilda ishga tushiriladi. Bu zavod yiliga 5 mln t neftni qayta ishlash qudratiga ega. Har ikkala zavod to‘la quvvat bilan ishlay boshlagach respublikamizining neft mahsulotlariga bo‘lgan talabi 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^3 gacha, 20 dan +20 °C gacha haroratda qotuvchi juda murakkab tarkibli, turli uglevodorodlar va geteroatomli organik birikmalar aralashmasidan tarkib topgan moddalar. U yuqori koloriyali yoqilg‘i (40 000 dan 44 000 gacha k/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 tipdagi suyuq va erigan holda qattiq uglevodorodlar bor: parafinli uglevodorodlar (asosan to‘g‘ri zanjirli, S_1 dan S_{30} 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 polisiklik polimetilenli uglevodorodlar, (shu jumladan, yon zanjiri bo'lganlari ham) aromatik uglevodorodlar, benzol va ularning gomologlari, naftalin, antrasen va uning gomologlari, naftearomatik gibrid uglevodorodlar va ularning hosilalari. Neft tarkibida u yoki bu sinf moddalarning ko'pligiga qarab olti tipga bo'linadi: metanli (yoki parafinli), metanonaftenli, naftenli, metalonaftenoaromatik, neftanoaromatik va aromatik.

Neftning yoshi aromatikdan metanli uglevodorodlarga o'tgan sayin o'sib boradi. Texnologik klassifikatsiyaga binoan neft 0,5 % gacha oltingugurt saqlovchi, oltingugurtli, 0,51 % dan 2% gacha oltingugurt saqlovchi oltingugurtli, 2% dan ortiq oltingugurt saqlovchi — ko'p oltingugurtli, 1,5% gacha parafin saqlovchi kamparafinli 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 alangalanish xossasiga ega bo'lgan to'yingan bug' bosimiga, detanatsiya va kimyoviy chidamlilikka ega bo'lishi

apparatlarni korroziyaga uchratmasligi lozim. Masalan, B-100 markali aviatsiya benzini 40—180°C da 97,5 % haydaladi. 10 % 75°C da qaynaydi. — 60°C da muzlaydi, 46200 kJ/kg issiqlik beradi.

Benzinning detanatsiyaga chidamligi, bu uning muhim tavsifidir. U yoqilg'ini tashkil etgan komponentlarning termik barqarorligiga bog'liq bo'ladi. Korbyuratorli dvigatelning issiq silindriga benzin bug'i bilan havo aralashmasi keladi, porshen ularni siqadi, juda qattiq siqilgach, svecha uchquni bilan alangalanib yonadi. Hosil bo'lgan gazlar porshenni harakatga keltiradi. Dvigatel ishining mahsuldorligi silindrda gazlar aralashmasining siqilish darajasiga bog'liq bo'lib, yoqilg'i bir me'yorda 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 silindrda 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. Qaysiki, 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 antidetanatsion xossasiga baho berish uchun oktan soni (shkalasi) qabul qilingan. H - geptanning detonatsiyaga chidamligi shartli ravishda «0» deb, izoaktanniki (2,2,4 - trimetilpentan) esa 100 deb qabul qilingan.

Oktan soni deb benzinning detonatsiyaga chidamligining o'lchov birligiga aytiladi. U son jihatdan izoaktanning N-geptan bilan aralashmasidagi foiz miqdoriga tengdir. U standart bir silindrli 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 alkonlarda molekular massasining ortib borishi bilan oktan soni ham o'zgarib boradi: etan-125, propan-120, butan-93, pentan-64, geksan-26, geptan-0, oktan- (-20). Oktan sonining molekular massaga bog'liq

bo'lishi to'yinmagan, siklik va aromatik uglevodorodlarga ham xosdir. Uglevodorod zanjirining tarmoqlanish darajasining ortishi bilan oktan soni ham ortadi: geptan — 0,2,2 - dimetil pentan — 89; 2, 2, 3 — trimetilbutan — 104; oktan soni tuyingan uglevodorodlardan to'yinmaganga o'tganda ham ortadi. Masalan, uglerod soni bir xil bo'lib, to'yingandan 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: geksan -26, geksen —1- 63, siklogeksan — 77, benzol — 106.

Benzinning detonatsiyaga chidamligini unga antidetonator deb ataluvchi ba'zi bir moddalarni qo'shish bilan oshirish mumkin. Masalan, tetroetil qo'rg'oshinni $Pb(C_2H_5)_4$ brometan va - xlornaftalin bilan aralashmasida (etil suyuqligi) 1 litr benzinga 3 ml. qo'yilsa, uning oktan soni 70 dan 90 gacha 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.

Antidetanator sifatida marganets metilsiklopentadiyenil karbonil ($CH_3C_5H_4Mn(CO)_3$) ham ishlatiladi. Motor yoqilg'isi oktan sonini oshirishining nisbatan samarali usuli, bu yoqilg'ini qayta ishlash paytida uni uglevodorodlar tarkibini o'zgartirishdan (turli xildagi katalitik krekinglarni qo'llash orqali) yoki benzinga 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 yonuv dvigatellarida qo'llaniladi. Ular yonish kamerasiga bevosita purkaladi. Katta bosim, yuqori 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 boshqalar). Bunday yoqilg'ilarning o'z-o'zidan alangalanib yonib ketishi, qovushqoqligi, fraksion tarkibi, qotish harorati, kokslanishi va boshqa tavsiflari muhim ko'ratkichlari hisoblanadi.

O'z-o'zidan alangalanib ketishi setan soni bilan baholanadi. Setan soni qanchalik yuqori bo'lsa, yoqilg'i shunchalik sifatli hisoblanadi.

Setan dizel yoqilg'isini etalon aralashma bilan taqqoslab ko'rish orqali aniqlanadi. Etalon aralashma bu setan (geksadekan $C_{16}H_{34}$ uning sitan soni «100» deb qabul qilingan) va α-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 prafin uglevodorodlari, yoki perekis 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°C bo'lgan kerosin fraksiyasi ishlatiladi. Tovushdan tez uchar samolyotlarda esa (ular juda balandda uchadi) qaynash harorati 195—315°C bo'lgan kerosin faksiyalari ishlatiladi. 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°C dan kam bo'lmasligi lozim.

Qozon yoqilg'isi sifatida neftni qayta ishlash mahsulotlari gaz, neft, mazut va boshqalar ishlatiladi. Ular teplovozlarning, paraxodlarning issiqlik elektr stansiyalarining, sanoat pechlarining o'txonasida yoqiladi. Surkov moylari harakatdagi qismlarni bir-biriga tegib joylarining ishqalanishini kamaytirish maqsadida qo'llaniladi. Bunda ishqalanishga kam energiya sarflanadi, mexanizmlarning mustahkamligi ta'minlanadi, ularning yedirilishining oldi olinadi.

Surkov moylari qo'llanish sohasiga qarab: industrial (vereten, mashina moylariga) ichki yonuv 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, qovushoqligi, 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 elektrokimyoviy usullarni qo'llash bilan amalga oshiriladi. Elektrotuzsizlash qurilmalarida shunday ishlov berish natijasida neft tarkibida suv 0,1 % gacha, tuz esa 70-100mg/l.gacha kamayadi. Neft suvsizlantirilgach, stabillanadi. Ya'ni oson qaynovchi butan-pentanli fraksiya (qisman geksan fraksiyasi) haydab ajratib olinadi. Bu operatsiya natijasida neftni saqlash va tashish jarayonida yengil uglevodorodlar yo'qolishining oldi olinadi.

Neftni qayta ishlashning asosiy usullari va foydalaniladigan apparatlar. Neftni qayta ishlash sanoatida neft un tipda qayta ishlanadi; yoqilg'i olish bilan boruvchi (motor va qozon yoqilg'isi olinadi), yoqilg'i-moy olish bilan boruvchi (xom motor yoqilg'isi ham surkov moylari olinadi), neft-kimyoviy qayta ishlash (yoqilg'ilar, surkov moylari va kimyo sanoati uchun xomashyo olinadi). Qayta ishlashning bu uchala turli ham fizik va kimyoviy usullar bilan amalga oshiriladi.

Fizik usullar. Neft va neft mahsulotlarini qayta ishlash ularni tashkil etuvchi komponentlarning fizik xossalari: qaynash va qotish harorati, eruvchanligi, adsorbsion qobiliyati va boshqalar orasidagi farqqa asoslangan. Bu usullar neft tarkibidagi qaynoq haroratlari bir-biriga yaqin bo'lgan fraksiyalarni ajratishda, uglevodorodlarning ayrim sinflarini (deparafinlashda) ajratishda hamda individual birikmalarni ajratib olishda qo'llaniladi. Ko'pincha neft mahsulotlari atmosfera va past bosimda to'g'ri haydashda qo'llaniladi.

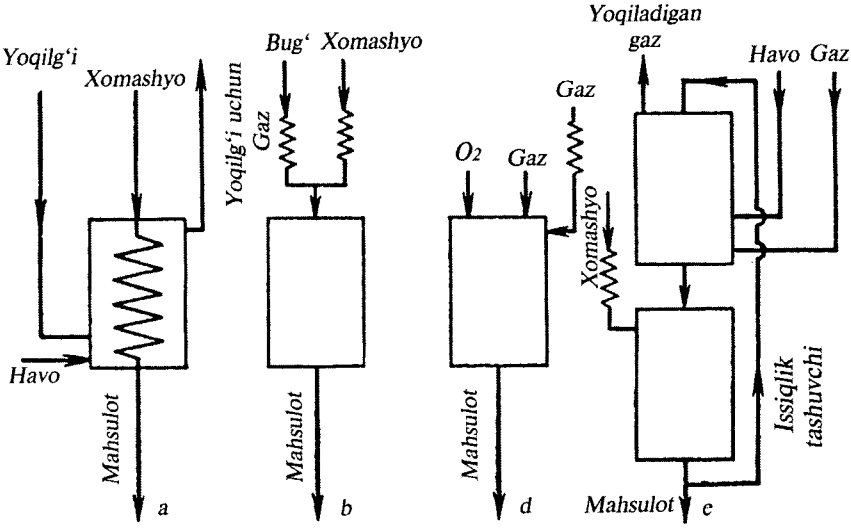
Kimyoviy usullari. Heft va neft mahsulotlari tarkibidagi uglevodorodlarning harorat, bosim, katalizatorlar, kimyoviy reagentlar ta'sirida chuqur strukturaviy o'zgarishga asoslangan.

Bu usullar juda muhim neft mahsulotlarini miqdorini ko'paytirish (masalan benzin) uchun, neft mahsulotlarini sifatini oshirish (masalan, benzinning oktan sonini oshirish, uchun, ayrim individual

uglevodorodlarni (benzol va uning gomologlarini) olish uchun hamda kimyo sanoatining xomashyolarini (vodorod, sintez-gaz, atsetilin, alkenlar, diyenlar va boshqalarni) olish maqsadida qo'llaniladi. Sanab o'tilgan usullardan neft mahsulotlarini termik va katalitik krekinglashning turli xillari eng ko'p qo'llaniladi.

Neft va neft mahsulotlarini qayta ishlovchi apparatlar jarayonning uzluksizligini, asosiy mahsulotning yuqori unumda chiqishini, iqtisodiy samaradorlikni, katta mahsuldorlikni ta'minlashi kerak. Neftni qayta ishlovchi apparatlarni uch guruhga bo'lish mumkin: xomashyoni qizdirishni va o'zgarishni 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 sovitilishi kerak bo'lgan mahsulotlarni sovitish uchun issiq almashtirish apparatlari.

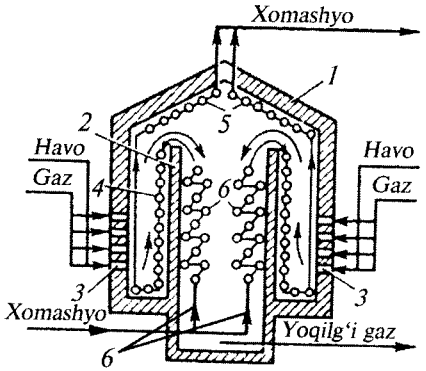
Neft va neft mahsulotlarini fizik va kimyoviy qayta ishlash jarayonlari odatda endotermik bo'lib, tashqaridan issiqlik berilishini talab qiladi. Shu maqsadda qo'llaniladigan apparatlar issiqlik berish, usullari bilan bir-biridan farq qiladi (93- rasm).



93- rasm. Issiqlik berishning asosiy usullari.
a — tashqaridan qizdirish bilan; b — suv bug'i bilan adiabatik;
d — avtotermik (oksidlash bilan); e — qattiq issiq tashuvchi bilan.

Rasmning a - sxemasida xomashyoni tashqi tomonidan qizdirish usulidan foydalaniladi, b - sxemada qizdirish adiabatik sharoitda ya'ni, issiqlik o'tkazuvchi yuza bo'lmagan sharoitda amalga oshiriladi. Issiqlik tashuvchi sifatida yuqori haroratli (900—950°C) suv bug'i ishlatiladi.

Avtotermik yoki oksidlash usulida (v - sxemada) zarur issiqlik xomashyoni bir qismini atmosfera kislorodida yoqish bilan olinadi. Qattiq issiqlik tashuvchidan (donador alumosilikatli katalizator, changsimon qum va boshqalar) foydalanilganda (e - sxema) reaksiya tuguni ikki apparatdan — reaktor va qizdirgich — regeneratordan iborat bo'ladi. Qattiq issiqlik tashuvchi regeneratorda qiziydi va reaktorga borib issiqligini beradi, shunday qilib bu apparatlar orasida aylanib yuradi. Bu sxema neft mahsulotlarini katalitik qayta ishlashda keng qo'llaniladi.



94 rasm. Alangasiz qizdiruvchi quvursimon pech.
1 — korpus; 2 — to'siq; 3 — alangasiz gorelkalar; 4—5 — quvurlar(radial quvurlar); 6 — konvektiv seksiya quvurlari.

Tashqaridan alangada yoki alangasiz qizdiriluvchi quvursimon pech neft mahsulotlarini qizdiruvchi asosiy apparat hisoblanadi. Alangasiz qizdiriluvchi quvursimon (94-rasm) ichki qismi issiqlikni izolatsiyalovchi keramik paner (devor)dan terilgan kamera bo'lib, pechning ichida o'tga chidamli to'siqlar o'rnatilgan, ular yoqiladigan gazni chiqaruvchi keng kanallar hosil qiladi (uni konveksion kamera ham deyiladi). Issiq almashtirgichlarda biroz qizdirilgan yoki sovuq holdagi xomashyo konveksion kameraning 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 radiant quvurlariga o'tadi va u yerda quvurlarning issiqligida va juda qizigan yoqilg'i gazlar issiqligidan qiziydi.

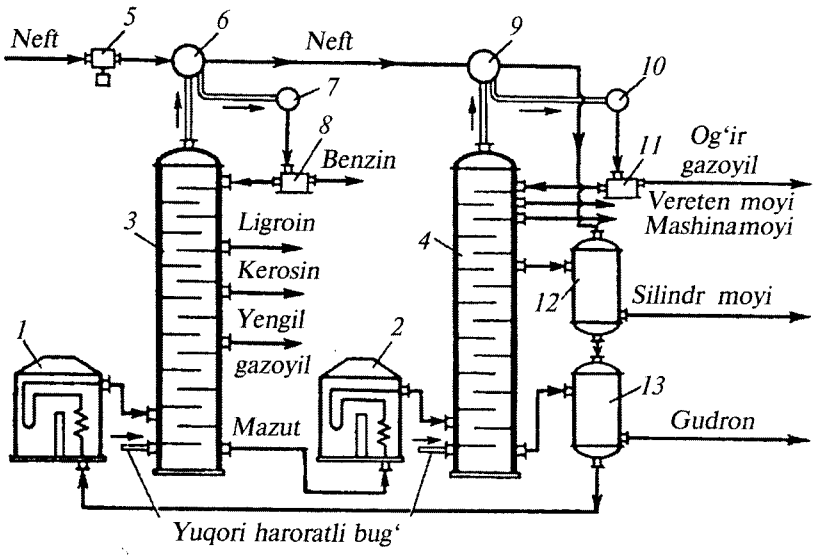
Issiqlik qizigan panellarning issiqlik chiqarishdan olinadi. Qizigan xomashyo pechning tepa qismidan chiqadi va qayta ishlash uchun

yuboriladi. Pech keramik prizma shaklidagi pech devoriga mahkamlangan gorelka yordamida gaz yoqilg'isi yoqib qizdiriladi. Bunday pechlar ixcham va yuqori foydalanish koeffitsientiga ega. Neft mahsulotlarini bir-biridan ajratish turli tipdagi rektifikatsiya kolonnalarida amalga oshiriladi. Qalpoqli tarelkasimon tipdagi barbotajli kolonnalar keng tarqalgan. Odatda har bir kolonnada 30—60 ta gacha tarelkalari bo'ladi (ular gorizoltal tekislikda o'rnatilgan bo'ladi).

Haydab ajratib olinadigan fraksiyalarning qaynash haroratini pasaytirish uchun hamda uglevorodlarning termik parchalanishini oldini olish ko'pincha suv bug'i bilan haydaladi.

Neftni qayta ishlashning fizik usullari. Neftni qayta ishlash va qaynash harorati farqiga qarab alohida fraksiyalarga (distillatlarga) ajratish, bir bosqichli yoki ikki bosqichli apparatlarda amalga oshiriladi. Birinchi holda jarayon atmosfera bosimida olib boriladi. Bunda turli motor yoqilg'ilari va mazut (qaysiki, 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 pyok, asfalt va neft koksi olinadi. Ikkala bosqichni birlashtirish katta iqtisodiy samara beradi va bunday qo'shma apparat atmosfera - vakuumli quvursimon qurilma (AVQ) deyiladi. AVQning muhim sxemasi 95- rasmda berilgan. Unda neft nasos bilan quvursimon issiq almashtirgichlarga navbat bilan ko'tarib beriladi, u yerda 170—180°C gacha qizdiriladi, so'ngra quvursimon pechga o'tib 320°C gacha qizib suyuq va bug' holatda rektifikatsiya kilonnasining 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 %), ligroin (160—200°C, 8 %)ga ajraladi. Bu fraksiyalar sovitilgach, yig'gichlarga borib to'planadi. Benzin (170°C gacha 15 %) kolonnaning yuqori qismidan bug' holatda chiqarib olinadi va avval issiq almashtirgichdan (toza neft bilan) so'ngra kondesatorda kondensatlangan suyuq holda suvda ajratish uchun tindirgichga oqib o'tadi. Olingan benzinning bir qismi yuqori haroratda qaynovchi fraksiya bug'larini kondensatlash uchun kolonnani sug'orishga qaytariladi. Bu benzin sifatini yaxshilaydi. Kolonnaning ostgi qismidan neftning asosiy tarkibiy qismlarini qaynash haroratini pasaytirish uchun o'tkir bug' kiritiladi.



95-rasm. Atmosfera vakuumli qurilmada neftni haydash.
1,2 — quvursimon pechlar; 3,4 — rektifikatsiya kolonnalari; 5 — nasos; 6, 9, 12, 13 — issiqalmashtirgichlar; 7, 10 — kondensatorlar; 8 — benzin qabul qilish qurilmasi; 11 — gazoyil qabul qilish qurilmasi.

Birinchi kolonnaning ostidan oqib chiqqan issiq mazut (55%) 270—280°C haroratda quvursimon pechga olib boriladi. U yerda 400—420°C gacha qiziydi va 8-11 KPa bosimda vakuum ostida ishlovchi 4- kolonnaga yo'llanadi. Kolonnaning ostgi 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 issiqalmashtirgichda hamda kondensatorda sovitilib, yig'gichga yuboriladi. Uning bir qismi kolonnani sug'orish uchun qaytariladi.

Kolonnaning ostki qismidan suyuq qoldiq gidron 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 kimyoviy qayta ishlash usullari. Neft mahsulotlarini yuqori harorat va bosim ostida chuqur destruksiyaga — krekingga olib keluvchi jarayonlar bilan bog'liq. Bunda uglevodorod

molekulalarining parchala-nishi bilan bir qatorda barqaror moddalar sintezlanishi bilan bog'liq bo'lgan ikkilamchi jarayonlar ham ketadi.

Kreking dastlabki xomashyoga va uglevodorodlar parchala-nishining 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.

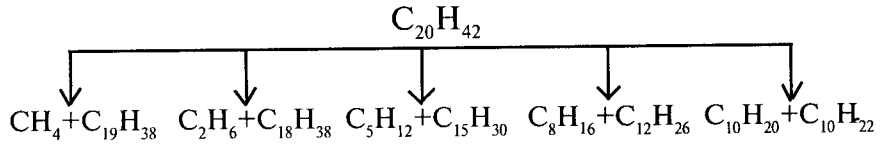
Turli sinf uglevodorodlarining termik parchalanish jarayonlarining murakkabligiga qaramay ba'zi bir umumiy qonuniyatlarni ko'rish mumkin. Krekingning barcha turlari vodorod atomlari taqsimlanishi bilan tavsiflanadi ya'ni yengil komponentlarning vodorodga boyishi og'ir komponentlarning esa dastlabki xomashyoga nisbatan vodorodlarning miqdorining kamayishi jarayoni kuzatiladi, masalan, bir qurilmada boruvchi jarayonni quyidagi tenglama bilan ifodalash mumkin:

$$10(C+1{,}8N)=(C+2{,}2H)+6(C+2H)+2(C+1{,}3H)+(C+0{,}2H)$$

xomashyo gazlar benzin mazud koks

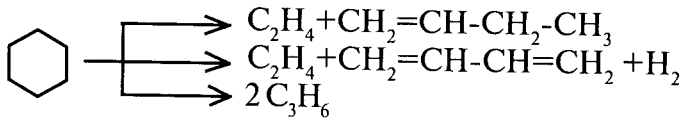
Termik kreking jarayonlarining ko'pchiligi zanjirli radikal mexanizm asosida boradi. Uning boshlangich harorati va tezligi uglevodlarning termodinamik barqarorligi bilan bog'liq bo'ladi .

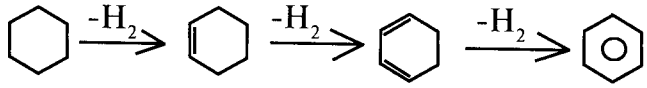
Neft xomashyosining tarkibida tuzilishi juda xilma xil bo'lgan turli xildagi uglevodorodlar bo'ladi, tabiiyki, ularning termik barqarorligi ham turlicha bo'ladi. Yuqori haroratda uglevodorodlar, ayniqsa, parafinlar uchun degidrogenlanishdan ko'ra uglerod bog'inining uzilishi bilan boradigan jarayonlarning termodinamik jihatdan ehtimoli katta. Parafin uglevodorodlarning molekular massasi qanchalik katta bo'lsa, molekulaning (zanjirning) o'rtasida uglerod bog'ining uzilish ehtimoli ham shunchalik yuqori bo'ladi. Masalan, eykozan parafinning termik kreking quyidagi asosiy mahsulotlarning hosil bo'lishiga olib keladi: .



To‘yingan va to‘yinmagan uglevodorodlarning miqdoriy nisbati teng bo‘lganda, reaksion aralashmada mahsulotlarning miqdoriy nisbati chapdan ung tomon keskin oshadi.

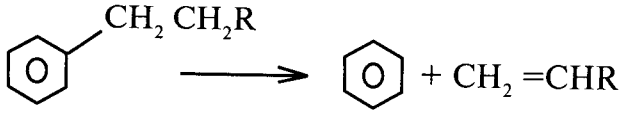
Naften uglevodorodlarning termik barqarorligi parafinlarga nisbatan ancha yuqori bo‘ladi. Yuqori haroratda naftenlar uchun degidrogenlanish va zanjirning uzilishi bilan boradigan reaksiyalar xosdir.





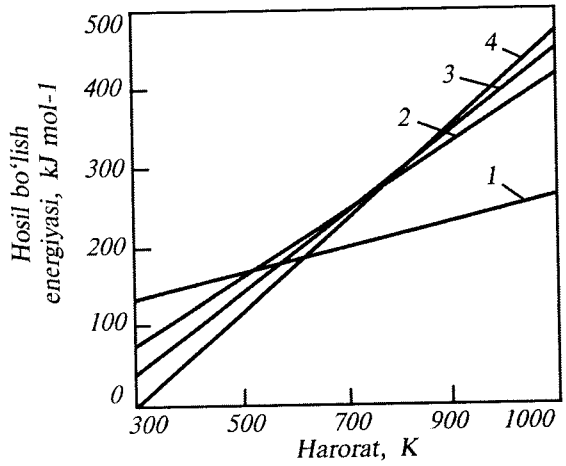
Siklogeksan siklogeksen siklogeksadiyen benzol

Alkilalmashgan naftenlar krekingi yon zanjirning uzilishi bilan boshlanadi. Aromatik uglevodorodlar nisbatan termik barqaror hisoblanadi. Ular orasida eng birinchi alkilalmashgan hosilalari benzol va alken hosil qilib parchalanadi.



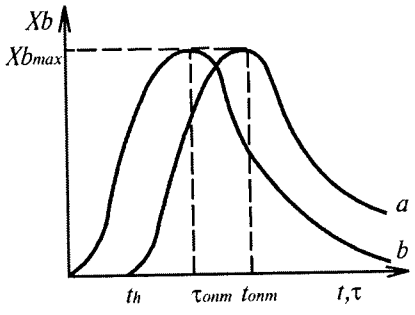
Yuqori haroratda aromatik uglevodrodlar kondensatlanishi ham mumkin, bu holat koks hosil bo‘lishiga olib keladi. Turli sinf uglevodorodlarning oddiy moddalardan hosil bo‘lish energiyasini haroratga bog‘liqlikdan kelib chiqqan holda (96- rasm) kreking mahsulotlarning yuqori haroratda termodinamik barqarorligi quyidagi tartibda kamayadi: **aromatik uglevodorodlar → alkenlar → naftenlar → parafinlar.**

Tegishli ketma-ketlikda parchalanish tezligi ham ortadi. Demak, yuqori birinchi navbatda parafin uglevodorodlar va naftenlar parchalanadi va aromatik uglevodorodlarning to‘planishi kuzatiladi. Kreking mahsulotlarida aromatik uglevodorodlari ulushining ortishi ikkilamchi jarayonlar hisobiga ham (masalan, diyenli sintez) bo‘ladi.



96- rasm. Uglevodorodlarning oddiy moddalaridan hosil bo'lish energiyasining haroratga bog'liqligi.
1 — benzol; 2 — geksen; 3 — siklogeksan; 4 — geksan.

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) 97- rasmga berilgan. Haroratning ortishi bilan benzinni unimi beqaror og'ir uglevodorodlar parchalanish tezligining ortishi hisobiga ortadi va qandaydir optimal haroratda maksimumga (Xb, maks) yetadi. Haroratning yanada ko'tarilishi, yengil uglevodorodlarning parchalanib gazlar hosil qilishi natijasida benzin unumini kamaytiradi.

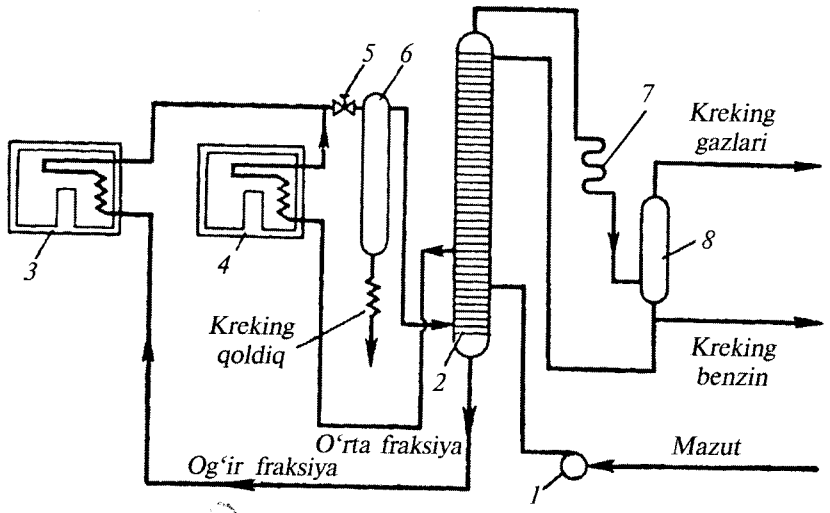


97- rasm. Benzin unumining haroratga va xomashyoning reaktorda bo'lish vaqtiga bog'liqligi.

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 reak-siyalarga kirishishi hamda parafinlarning alkillanish reaksiyalariga qulay sharoit yaratadi.

Demak, bog'liqlik egri chizig'i Xb=f(r) benzinning egri yuqori unumiga mos keluvchi maksimum Xb =f(r) 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 sharoitda bo'lish vaqti ham kreking jarayonining borishiga ta'sir etadi (97- rasm, b egri chizig'i). O'zgarmas harorat va bosimda benzinning unumi (qandaydir optimal harorat (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 uning 50—70 % o'zgarishga uchrasin. So'ngra benzin va kreking qoldig'i ajratib olingach, oraliq fraksiyalar yana krekingga uchratiladi. Bunga xomashyoning bir qismini resirkulyatsiya 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.



98- rasm. Mazutni 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 og‘ir xomashyolar (masalan, mazut) resirkulyatsiyani qo‘llagan holda qayta ishlanadi. Buning sxemasi 98- rasmda berilgan. Mazut nasos (1) yordamida rektifikatsiya kolonnasining ostki qismidagi tarelkalardan biriga olib beriladi, u yerda krekingning yonuvchi fraksiyalari bilan qo‘shilib qisman parchalanadi.

Kolonnaning ostki qismidan og‘ir fraksiya chiqariladi va 470—480°C da yengil krekinglash uchun quvursimon pechga (3) jo‘natiladi. Kolonnaning o‘rta qismidan (2) yengil fraksiya 500—550°C haroratda chuqur krekinglash uchun quvursimon pechga (4) yuboriladi. Pechlarning bosimi 5—7 MPa bo‘ladi. Kreking mahsulotlari 3 va 4 pechlardan reduksion jumrak (5) orqali bug‘lantirgichga (6) tushadi, unda kreking qoldiq bug‘lardan ajralib bo‘lgach, qurilmadan chiqarib olinadi. Bug‘lar (benzin bug‘lari va gazlar) bug‘lantirgichdan, ajratish uchun rektifikatsiya kolonnasiga o‘tkaziladi.

Kreking-gaz kondensatordan (7) o‘tib separatorda (8) benzindan ajratiladi. Olingan mahsulotlarning unumi kreking- benzin 30-35 %, kreking-gaz 10—15 %, kreking-qoldiq 50—55 %ga teng bo‘ladi. Kreking- benzin tarkibida aromatik uglevodorodlar ko‘p bo‘lganligi uchun, uning oktan soni (*70*) oddiy haydash orqali olingan benzindan ancha yuqori bo‘ladi.

1. Kreking-gaz tarkibida etilen, etan, propilen, butilen va butan ushlaydi. 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 oq tanli benzin olish maqsadida olib boriladi. Bunda ligroinli fraksiya ishlatiladi. Bug‘ fazali krekingda benzin bilan bir katorda ko‘p miqdorda qimmatli neft kimyo xomashyosi hisoblangan, tarkibida to‘yinmagan uglevodorodlari ko‘p bo‘lgan gazlar ham olinadi.

3. Proliz — bu yuqori haroratli kreking bo‘lib, asosan etilen va boshqa to‘yinmagan uglevodorodlarni olish uchun ishlatiladigan xomashyoning turiga qarab (tabiiy gaz, gaz kondensati, kerosin,

gazoyil, 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 % kselol olinadi va ular qayta tozalangach individual modda sifatida foydaniladi.

Kokslash-neft qoldiqlari mazut, kreking-qoldiq, gudronlarni 450—500°Cda havosiz joyda termik parchalash jarayoni bo'lib, uning natijasida qo'shimcha yoqilg'i foydaniladigan 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 gazlarning olish usullarining orasida asosiy o'rinni egallaydi. Katalitik jarayonlar termik jarayonlarda 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 holda sintetik alumosilikatlar, platina, molibden oksidlari va xrom ishlatiladi.

Katalitik kreking bu tipik geterogen katalizdir: dastlabki moddalarning gaz fazadan katalizator sirtiga diffuziyalanishi, oraliq kompleks hosil qilish bilan sirtida xemosorbsiyalanishi, kimyoviy reaksiya va kreking mahsulotlarining katalizator sirtidan desorbsiyalanishi va ularning gaz fazaga diffuziyalanishi kabi ketma-ketlik tartibda boradi. Shuning uchun ham foydalaniladigan katalizatorlarning sirti katta bo'lishi (~700m2/g), yaxshi regeneratsiyalanish xossasiga ega bo'lishi, oltingugurt birikmalariga chidamli bo'lmog'i hamda mexanik mustahkam bo'lishi lozim. Katalizator sirtida boruvchi kimyoviy jarayonlar ion xarakteriga ega. Bir vaqtning o'zida katalizatordan tashqarida harorat ta'sirida zanjirli radikalli jarayonlar ham boradi, ammo 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'rinbosarlarining yo'qotadi va yanada zichlashib koks hosil qiladi. Naftenli uglevodorodlar katalizator sirtida degidrogenlanadi va yon zanjirning uzilishi hamda xalqaning ochilishi bilan C-C bog' uzilib parchalanadi. Polisiklik naftenlar yon o'rinbosarlar uzilgandan so'ng oddiy aromatik uglevodorodlar hosil qiladi-yu, ammo qisman zichlanib, mahsulot sifatida katalizator sirtida qoladi.

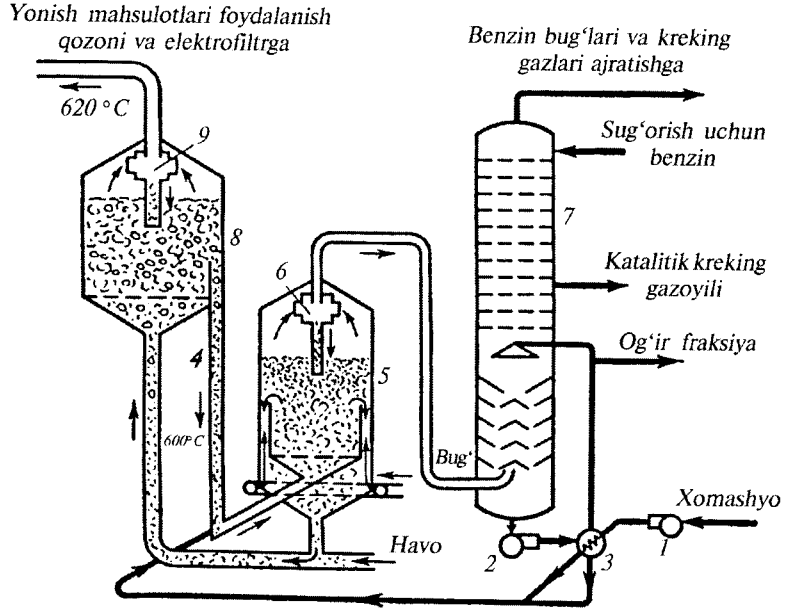
Kreking natijasida hosil bo'lgan olefinlar C-C bog'dan uzilib parchalanadilar, izomerlanadilar, polimerlanadilar, gidrogenlanadilar, xalqali uglevodorodlarga aylanib, degidrogenlanadilarda va aromatik birikmalar hosil qiladilar. Kataliz sharoitida olefinlarning gidrogenlarning jarayoni katta ahamiyatga ega, chunki bunda darhol tarkibida kam olefin saqlovchi turg'un benzin hosil bo'ladi. Parafin uglevodorodlar katalizator sirtida parchalanadi va izomerlanadilar.

Demak, katalizatorda krekinglashning muhim o'ziga xos tomoni shundaki, bunda tarkibida oktan sonini 98 gacha yetkazuvchi tarmoqlangan zanjirli to'yingan uglevodorodlar hamda aromatik uglevodorodlar saqlovchi yengil mator yoqilg'isi - benzin olinadi. Kreking jarayonida alumosilikatli katalizatorning sirtida qattiq koks o'tirib qolish sababli uning aktivligi tezda pasayadi. Katalizator aktivligini qayta tiklash uchun unga 550-600°C da havo purkash orqali regineratsiyalaydilar. Katalizator sirtini koplab olgan koksning yonishi natijasida bir tomondan katalizator qaysi aktiv holga o'tsa (regineratsiyalansa) ikkinchi tomondan u qiziydi va regeneratordan reaktorga issiqlik olib o'tish vazifasini ham bajaradi.

Sanoatda katalitik kreking katalizator qavatining holati bilan farq qiluvchi uch tipdagi qurilmalarda amalga oshiriladi: zarrachalari muallaq osilib turuvchi katalizator qavati yoki qaynovchi qavatli va kukunsimon katolizatorning muallaq zarrachalari oqimi tipida ishlashi bilan ular bir-biridan farq qiladi. Katalitik kreking 0,05-0,1MPa bosimda 450-500°C da bug' fazada alyumosilikatli katalizator ishtirokida amalga oshiriladi.

99- rasmda harakat qilib turuvchi katalizatorli kreking sxemasi berilgan. Xomashyo quvursimon pechda (1) 350—360°C gacha qizdiriladi va reaktorga boradi. Reaktorga regeneratordan (8) 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 (8) borishdan oldin sirtidagi yengil uglevorodlarni desorbsiyalanishini kuchay-tirish uchun bug' bilan ishlov beriladi.



99- rasm. Katalizatori qo'zg'alib turuvchi reaktorda katalitik kreking sxemasi.

1,2 — nasoslar; 3 — issiqalmashgich; 4 — regeneratsiyalangan katalizator tushadigan quvurcha; 5 — reaktor; 6,9 — siklonlar; 7 — rektifikatsiya kolonnasi; 8 — regenerator.

Kreking mahsulotlari reaktordan (5) chiqib, gaz va benzin fraksiyalarini bir-biridan ajratish uchun rektifikatsiya kolonnasiga yuboriladi. Regeneratorga (8) havo puflagich yordamida katalizator sirtiga yopishib qolgan koksni yonish uchun to'xtovsiz havo berilib turiladi. Regeneratorda hosil bo'lgan tutun gazlari bug' olish maqsadida utilizator qozoniga yuboriladi. Regeneratsiyalagan katalizator siqilgan havo yordamida tushuvchi qurilmaga tushadi, u yerdan havo puflagichdan siqilgan havo yordamida quvur orqali regeneratorga o'tadi.

Regeneratordan yana reaktor (5)ga 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 qaynovchi qavatli katalizatori bo'lgan katalitik tipidagi qurilma keng tarqalgan. Katalizator sifatida siyrak yer elementlari bilan aktivlangan alumosilikatlardan (seolitlar) foydalaniladi.

Katalizatorni qo'llash energetik xarajatlarni kamaytirishga, qurilmalarning mahsuldorligini oshirishga, benzinning sifatini va miqdorini oshirishga imkon beradi. Keyingi yillarda gidrokreking keng qo'llanilmoqda. Bu 6 MPa bosimda 360-450°C da alumosilikatlarga qo'yilgan 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. Reformingda katalizator tasirida bir vaqtning o'zida quyidagi: olti a'zoli naftenlarning degidrogenlanishi, parafinlarning digidrogenlanib xalqali birikmalarga aylanishi, besh a'zoli naftenlarning olti a'zoli birikmalarga degigrogenlanib izomerlanishi, parafin uglevorodlarning gidrokrekingni va izomerlanishi reaksiyalari boradi. Kobalt va molibdenli katalizatorlar neft mahsulotlarining S li birikmalarini gidrogenlanib H_2S hosil qilinishiga olib keladi. Bu hol S li (S li birikmalari ko'p bo'lgan) neftlarni qayta ishlash imkoniyatini beradi.

Reforming ikki tipga - platforming va gidroformingga bo'linadi. Platforming ftorlangan aluminiy oksidiga joylashtirilgan platina katalizatorda 480-510°C harorat va 2-4 MPa vodorod bosimida olib boriladi. Gidroforming alyumolibdenli katalizator qavatda 1,7-1,9 MPa gaz bosimida amalga oshiriladi.

Neft mahsulotlarini tozalash. Haydash yo'li bilan va krekinglash orqali neft mahsulotlari tarkibida olifinlar, diolifinlar, 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 adsorbsion 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 gidro- tozalash usuli keng tarqalgan. Bu usul oltingugurtli neftdan neft mahsulotlarini olish imkonini beradi. Bu usul 380-420°C va 3-4 MPa bosimda neft mahsulotlarini kobalt-molibdenli katalizatorlar ishltirokida selektiv (tanlab) gidrogenlashga asoslangan. Natijada oltingugurt, kislorod va azotning organik birikmalaridan: uglevorodlar hamda ajralib chiqishi oson bo'lgan H_2S, NH_3 va H_2O hosil bo'ladi.

Shu bilan bir qatorda diyenlarning va aktiv olefinlarning gidrogenlanib to'yingan uglevodorodlar hosil qilish jarayoni ham boradi. Gidrotozalashda reforming natijasida olinadigan arzon vodoroddan foydalaniladi.

Adsorbsion usullar. Bunda neft mahsulotlari adsorbentlar-tabiiy tuproq, boksit, silikagel kabilar aralashtiriladi, qaysiki, ularning yuzasiga birinchi navbatda oltingugurt, azot va kislorod saqlovchi birikmalar hamda diolifinlar adsorblanadi.

Absorbsion usullari kerosin va moylarning zararli aralashmalarini ular bilan aralashmaydigan suyuqliklarda tanlab erib o'tish xossasiga asoslangan. Shunday suyuqlik sifatida suyuq oltingugurt (IV) oksidi, furforol, nitrobenzol, dixlor etil efiri va boshqalar qo'yiladi. Erituvchilar yo'li bilan regeneratsiyalanadi.

Gazsimon yoqilg'ilar. Yonuvchi gazlarga: tabiiy va yo'lovchi gazlar, neftni qayta ishlashdan hosil bo'lgan gazlar (kreking, reforming, piroliz gazlari), generator gazlari koks va domna gazlari kiradi. Ular yoqilg'i sifatida hamda kino 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 tuplangan gazlarni tabiiy gaz, uning konlarini gaz konlari deyiladi. Neft olganda u bilan aralashib chiqadigan gazlarni yo'ldosh (yo'lovchi) yoki neft gazlari deyiladi. Tabiiy gaz asosan metandan

tashkil topgan, neft gazlari esa metandan tashqari anchagina uning gomologlarini (C_2 dan to C_5 gacha) saqlaydi. Gaz kondensati konlari ham uchraydi. (Tabiiy gaz konlaridan gaz chiqqanda bosim kamayib undan suyuq uglevodorodlar kondensat ham ajralib chiqadi). Bu yer ostida qanchalik chuqurlikda joylashgan bo'lsa, uning tarkibida kondensat miqdori ham shunchalik ko'p bo'ladi. Bazi gaz konlari gazning tarkibi 8- jadvalda berilgan.

8- jadval.

Tabiiy gazning tarkibi

Gaz nomi	Tarkibi va ularning ulushi, % (hajm bo'yicha)							
	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12} va undan yuqori parafin-lar	Noorganik gazlar		
						CO_2	N	H_2S
Buxoro viloyati								
Gazli	95,6	2,1	0,2	0,2	0,2	1,0	0,6	-
Qashqadaryo viloyati								
Muborak gaz konlari	88,6	1,5	0,26	0,11	0,33	4,3	5	4,5
O'rtabuloq	85,8	1,8	0,27	0,15	0,36	5,2	1,4	5,0
Pomuq	89,2	3,8	0,94	0,23	1,72	3,4	0,4	0,08
Qoraqum	89,6	4,0	1,02	0,38	1,44	1,7	1,6	0,25
Zevarda	89,3	3,7	0,74	0,17	1,2	4,2	0,5	0,01
Kultoq	89,2	5,0	0,99	0,52	1,16	2,4	0,54	0,2
Alan	89,2	2	0,87	9,17	1,16	0,4	0,56	0,14
Andijon viloyati								
Polvontosh	75,7	7	2,8	3,3	-	0,2	11	-
Xo'jaobod	81,2	6	1,5	3,8	-	0,5	7	-

Gaz sanoatining jadal sur'atlar bilan rivojlanishi gazning ajoyib yoqilg'i ekanligi bilan bog'liq. U yonganda to'liq yonadi, tutun va zaharli moddalar hamda kul hosil qilmaydi, tashish (o'zi oqib borganligi sababli) 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 % ni tashkil etadi). Mamalakatda ishlatiladigan jami gazning 55 % sanoatga sarflanadi, 26 % elektr stansiyalarda yoqiladi, 15 %

turmush ehtiyojlari uchun va 4 % xalq xo'jaligining turli tarmoqlarida sarflanadi. Hozirgi kunda po'latning 90 %, cho'yannning 85 %, sementning 60 % va o'g'itning 85 % gazdan foydalanib ishlab chiqarilmoqda. Tabiiy gazning barcha tarkibiy qismlardan 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.

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,

9- jadval.

Neftni qayta ishlash natijasida hosil bo'lgan gazlar tarkibi(o'rtacha)

Neftni qayta ishlash usullari	Gazlarning tarkibi va ulushi, % (hajm bo'yicha)							
	H	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_2H_4	C_3H_6	C_4H_8
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	4,5
Katalitik riforming	9	7	13	37	35	-	-	-

Qashqadaryoda - Sho'rtan, Zevarda, Shimoliy va Janubiy Muborak, O'rtabuloq, Pomir, Qoraqum, Qultoq, Apan va boshqalar, jami 30 dan ortiq. O'zbekiston 1976- yilga kelib 36,1 mlrd m^3 gaz ishlab chiqardi. Bu Bolgariya, Chexiya va Slovakiya, Angliyada ishlab chiqaradigan gazlarning hammasini qo'shib hisoblagandagi miqdordan ham ortiqdir. Hozirgi paytda respublikamizda Yaponiya, Fransiya, Angliya kabi rivojlangan mamlakatlarni qo'shib hisoblaganda ham ulardan ko'proq gaz ishlab chiqarilmoqda.

IX BOB. ORGANIK SINTEZ SANOATI

1- §. Organik sintez xomashyosi va tipik kimyoviy texnologik jarayonlar

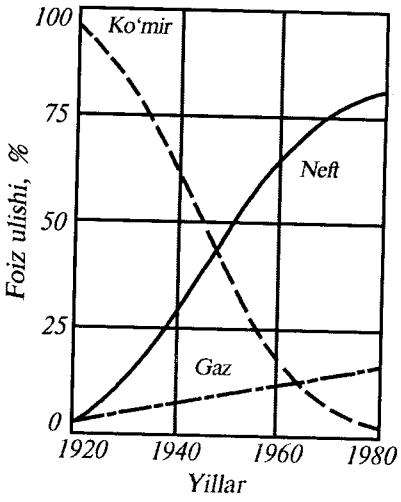
Organik birikmalarni ishlab chiqarish qadimdan boshlangan, ammo u uzoq yillar davomida tabiiy materiallar tarkibidagi mahsulotlarni (qand-shakar, skipidar, o'simlik va hayvon moylari hamda yog'lari va boshqalar) ajratib olishga asoslangan yoki murakkab tabiiy mahsulotlarni oddiy moddalarga (oziq-ovqat mahsulotlarini spirt va sirka kislotasiga, yog'larni sovun va gliseringacha) parchalashga asoslangan edi.

XIX asrning o'rtalariga kelib organik kimyo taraqqiyotida yirik muvaffaqiyatlar qo'lga kiritildi. A.M.Butlerovning organik moddalarning tuzilish nazariyasi yaratildi, fizika, 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) sintetika almashtirishga qaratildi. Keyinchalik esa asta - sekinlik bilan tabiatda uchramaydigan (portlovchi moddalar, yuqori molekular birikmalar) birikmalarni sintezlashga qaratilgan. O'tgan asrning 30-50- yillarda tabiiy gaz va neft qazib olish hamda uni qayta ishlash sohasidagi ulkan muvofaqiyatlar organik sintezning gurkirab rivojlanishi uchun mustahkam xomashyo bazasini yaratdi. Toshko'mir xomashyosining neft mahsulotlari ashyosiga almashtirishga bo'lgan moyillik 100- rasmda ifodalangan. Bunday almashinish jarayonida yangi neft kimyo sintezi deb ataluvchi termin paydo bo'ldi. Bu sintezning yangi xomashyo bazasiga asoslanganligini ko'rsatadi xolos, biror mahsulotni kondan xomashyodan (toshko'mir xomashyosidan yoki neft xomashyosidan) foydalanib sintezlanishidan qat'iy nazar ular ishlab chiqarishda prinsipial farq bo'lmaydi.

Organik sintez sanoati xomashyo sifatida: galogenlar va ularning birikmalaridan, kislotalar, oksidlar, ishqorlar, ammiak, vodorod,

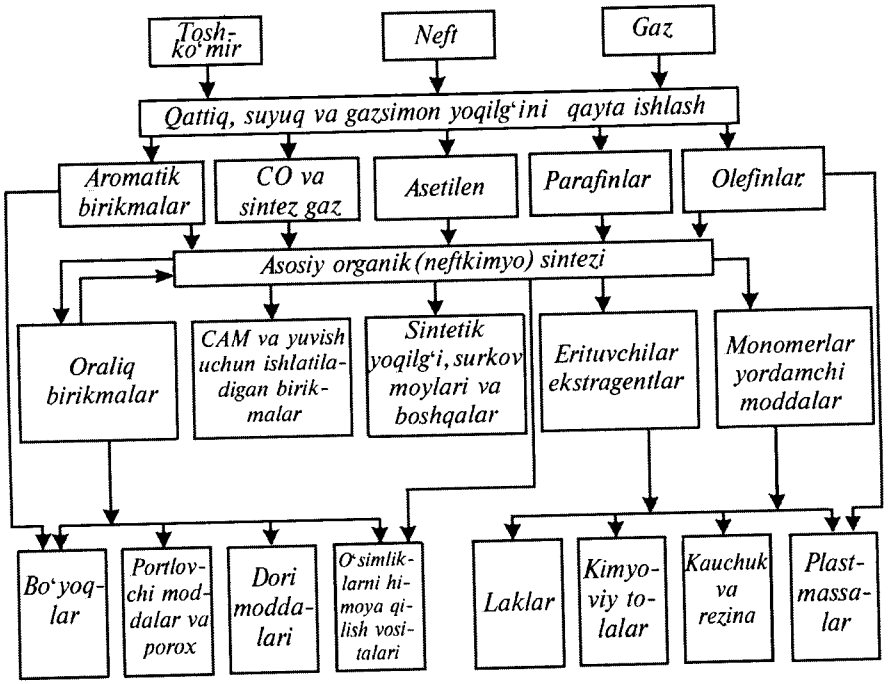
suv, havo va boshqalardan foydalaniladi. Bu moddalar organik mahsulotlariga turli atomlar va guruhlarni kiritish uchun, bir moddani bir qancha boshqa moddalarga aylantirish uchun, individual moddalarni ajratib olish va tozalash uchun foydalaniladi.



100- rasm. Sanoat organik sintezida turli xom ashyo turlari rolining o'zgarishi.

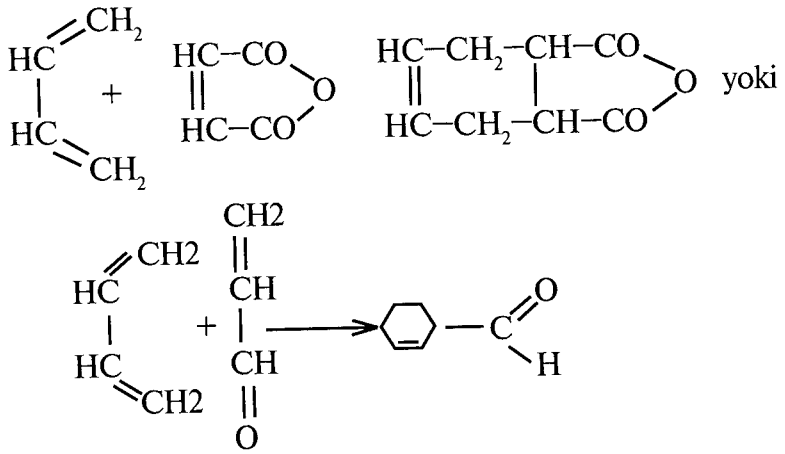
Organik sintez o'z taraqqiyotining boshlang'ich bosqichlarida oxirgi asosiy mahsulot bilan oraliq yarim mahsulotlar (alkenlar, galogenlik hosilalar, spirtlar, aldegidlar, ketonlar, fenollar, aminlar va boshqalar) ishlab chiqarishni qo'shib olib bordi. Keyinchalik organik sintezdan bir qancha o'ziga xos 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'lamli 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 boshqa)lar ishlab chiqarish. Bugungi kunda organik sintez mahsulotlaridan u yoki bu darajada foydalanmaydigan xalq xo'jaligining biror tarmog'i yo'q. Buni 101- rasmda yaqqol ko'rish mumkin.

Organik sintez sanoatdagi 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. Masalan, 1928- yilda 1-4 holatda bog'langan diyen sistemalariga ikkilamchi va uchlamchi bog'lanish (diyenofillar) tutgan moddalarning birikib, olti a'zoli sikllar hosil qiladigan diyen sintezi reaksiyasi (O. Dils va K. Alder) ochilgan edi.

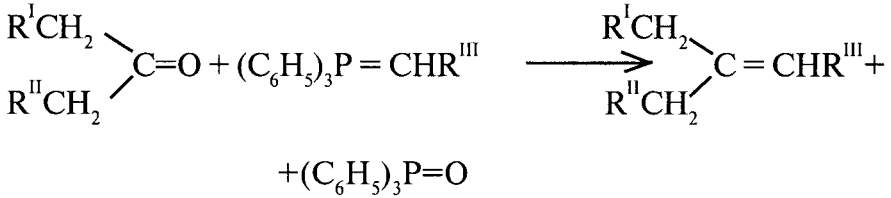


101- rasm. Asosiy organik sintezining xalq xo'jaligidagi roli.

Bu reaksiya turli-tuman siklik birikmalardan tortib to murakkab polisiklik sistemalar, masalan, steroid va so'ngra geterotsiklik sistemalar kabi ko'pincha yangi sintetik moddalar olishning asosi bo'lib qoldi.



Vittig reaksiyasi



Bu olefinlar sintez qilish yangi usulining asosi bo'lib qoldi. Ular esa ko'pgina mahsulotlar ishlab chiqarish uchun zarur xomashyo hisoblanadi.

Fazalararo katalizdan foydalanish organik sintez taraqqiyotida yangi bosqich bo'ldi, bunda reaksiya aralashmaga maxsus moddalar - fazalar aro ko'chiradigan katalizatorlar (ammoniyli, fosfoniyli tuzlar, kraun-efirlar) qo'shiladi. Bu moddalar, masalan, anionlarni suvli yoki qattiq fazadan organik fazaga ko'chirishga yordam beradi, u yerda bo'lar 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°C gacha issiqlikka chidamli, silikonlar, silikonli kauchuk − 60 dan + 200°C gacha chidamli, fosfororganik birikmalar, ftoroorganik birikmalar, masalan, teflon 400°C gacha issiqlikka chidamli) sintezlanishi organik sintez mahsulotlari ishlab chiqarishga keng yo'l ochib berdi.

Organik sintezga chiqaradigan mahsulot turlarini to'xtovsiz kengaytirish va yangilash bilan dinamik o'sib borishi ta'minlanadi, ya'ni yangi apparatlar va jarayonlarni o'zlashtirish, mukammal texnologiyalarni ishlab chiqarishga tatbiq etish, avtomatlashtirish va

mexanizatsiyalashtirishning samaradorligi yuqori bo'lgan vositalari bilan ishlab chiqarishni jihozlash va boshqalar shular jumlasidandir.

Organik sintez sanoatning yaqin kelajadagi vazifasi bu ishlab chiqarishning energiyaga bo'lgan talabini kamaytirish, 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, siklizatsiyalash, izomerizatsiyalash, kondensatlanish, polemerlanish: etirifikatsiya, alkillash va boshqalardan keng foydaliniladi. Bunda oddiy moddalardan ancha murrakab bo'lgan moddalar olinadi (uglerod zanjiri o'zaytiriladi). Ba'zi hollarda dastlabki modda molekulasida uglerod sonini o'zgartirmay, uning tuzilishini va reaksion qobiliyatini o'zgartirishga muvaffaq bo'linadi yoki dastlabki moddaning uglerod zanjirini parchalab yangi mahsulotlar olinadi. Ko'pchilik organik reaksiyalar kinetik sohada boradi va reaksiyaning umumiy tezligi, reaksiyaning tezlik tenglamasi bilan aniqlanadi.

$$u = dx/dr = K \cdot \Delta C$$

Jarayonning harakatlantiruvchi kuchi ΔC 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 ifodalanish mumkin.

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 intensizlashtirish uchun faqat asosiy reaksiyani tezlashtiradigan yoki ketma-ket boruvchi reaktivlarning me'yorli bosqichlarini tezlashtiruvchi selektiv katalizatorlardan foydalaniladi.

Organik sintezda kimyoviy-texnologik jarayonlarni jadallash usullarini qo'llashda ko'pchilik hollarda dastlabki, oxirgi 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, radiaksion nurlantirish, lazerli nurlantirish, elektrosintez kabi 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 rasion nurlantirishdan foydalaniladi.

Organik sintez sanoatning muhim ahamiyatlardan biri yaqin yillar ichida sovun, olifa, surkov moylari, spirt kabi o'nlab mahsulotlar ishlab chiqarish uchun katta miqdorda oziq-ovqat mahsulotlari ishlatilishiga chek qo'yish, ya'ni bu maqsad uchun oziq-ovqat mahsulotlarini 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.

2- §. Metanol sintezi

R. Boyl 1661- yilda yog'ochni quruq haydash (havosiz muhitda) mahsulotlari tarkibida metanol borligini aniqladi. Uning nomi ham shundan kelib chiqib *yog'och spirti* deb atalgan. Uni 1834- yilda J. Dyuma va E. Peligolar toza holda ajratib olishga muvaffaq bo'ldilar. Birinchi marta u 1923- yilda Germaniyada sintez qilina boshlandi. Metanol uglerod (II) oksidini gidrogenlash usuli bilan, ya'ni sintezgazdan olinadi.

$$CO+2H_2 \rightleftarrows CH_3OH+111\ KJ$$

Sintez gaz metanni suv bug'i bilan oksidlovchi konvertsiyasidan yoki tabiiy gazni termooksidlovchi kreking qilish bilan (bunda sintez gaz bilan bir vaqtda asetelin ham olinadi) olinadi. Metanol sintezlash

uchun CO va N_2 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 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'lishga olib keladi.

$$CO+3H_2 \rightleftarrows CH_4+H_2O+209\ kJ$$

$$2CO+2H_2 \rightleftarrows CH_4+CO_2+252\ kJ$$

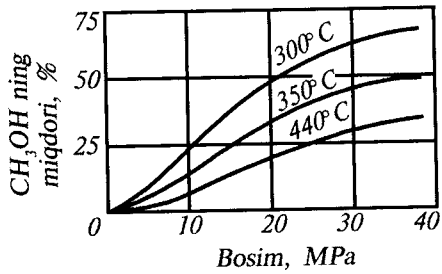
$$CO+H_2 \rightleftarrows CH_2O+8{,}4\ kJ$$

$$CH_3OH+nCO+2nH_2 \rightarrow CH_3(CH_2)_nOH+nH_2O$$

$$2CH_3OH \rightleftarrows CH_3OCH_3+H_2O$$

$$CH_3OH+H_2 \rightleftarrows CH_4+H_2O$$

Reaksiya jarayonida metanolning hosil bo'lishi reaksion aralashma hajmining kamayishi bilan boradi, shuning uchun Le-Shatele prinsipiga muvofiq sistemada bosimning ortishi muvozanatning spirt hosil bo'lishi tomonga siljishga hamda qo'shimcha reaksiyalarning borishini 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, ammo metanolning sintezlanish tezligi juda sust bo'ladi hamda bunday sharoitda sintezni tezlatuvchi katalizator ham hozircha ma'lum emas. Shuning uchun ham sanoatda jarayon juda kichik harorat (20—30°C) intervaliga olib boriladi.



102- rasm. Reaksion aralashmada metanolning muvozanat ulushining (miqdorining) bosim va haroratga bog'liqligi.

Metanol unumining harorat va bosimga bog'liqligini 102-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'ladi. Shu boisdan dastlabki gazlar aralashmasida hosil bo'lgan metanol ajratib olinib, reaksiyaga kirishmay qolgan gazlar yana qayta reaktorga kiritiladi, ya'ni bir necha bor sirkulyatsiya qilinadi, unum 84-87% ga chiqariladi.

Sanoatda ikki xil katolizatordan foydalaniladi: 1) rux-xromli ($8ZnO{\cdot}Cr_2O_3{\cdot}CrO_3$), u yuqori haroratga, kontakt zaharlariga chidamli, zaharlanganda ham yana qayta aktivlash mumkin, oson regeneratsiyalanadi, selektivligi yuqori. Buning uchun optimal sharoit 370-400°C va 25-30 MPa bosim; 2) mis katalizatori aktivligi juda yuqori, ammo kontakt zaharlariga va yuqori haroratga chidamsiz, qaytmas holda zaharlanadi. Shuning uchun ham 300°C va 15 MPa bosimda foydalaniladilar.

Rossiya FA neft kimyo sintezi instititida o'tkazilgan tekshiruvlar sintez reaksiyasi yuqoridagidan boshqa tartibda borishini ko'rsatdi.

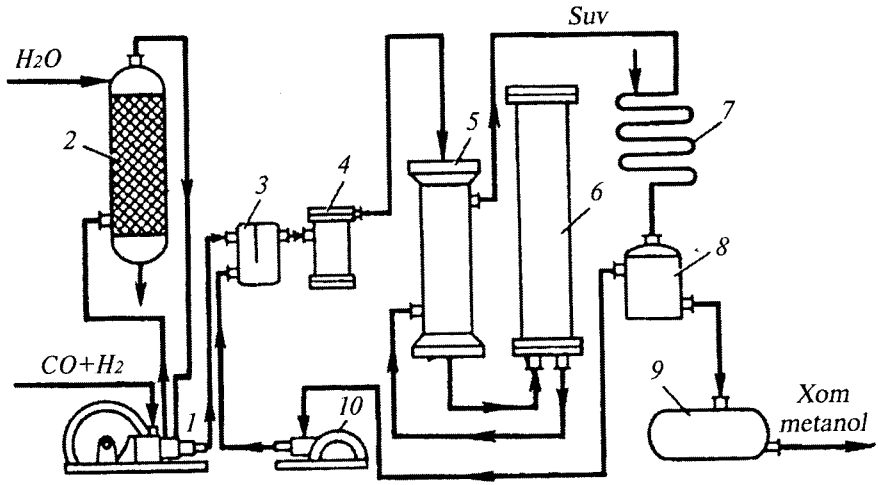
$CO_2+3H_2 \rightarrow CH_3OH+H_2O$. Lekin nima uchun metanol CO va H_2 dan (sintez gazdan) olinadi? Gap shundaki, sintez gazda doimo CO_2 va suv bug'larining aralashmasini (5 % gacha) bo'ladi. Bu miqdor reaksiya boshlanishi uchun kifoyadir. Metanol sintezida katalizatorlar ta'sirida uglerod (II) - oksid suv bug'i kislorodi hisobga uglerod (IV) - oksidgacha oksidlanadi (busiz jarayon ketmas edi).

Metanol rangsiz suyuqlik 64,7°C da qaynaydi, suvda cheksiz eriydi, organik erituvchilar bilan istagancha aralashadi, o'ta zaharli, 5-10 ml ichilsa ko'r qiladi, 30 ml o'limga olib keladi.

Dunyoda metanol ishlab chiqarishning yillik o'sishi 15 % ni tashkil etadi. Vaholanki, 1970- 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. Endilikda metanoldan benzin, dizel yoqilg'isining yengil fraksialari, sirka kislota va sirka aldegid, olefinlar, etilen va propilen, etilenglikol, vinilsateat etilbenzol, stirol kabi 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- yilga kelib faqatgina AQShning o'zida 150 mln tonnadan ortiqroq metanol ishlab chiqarildi. Metanol ishlab chiqarishning texnologik sxemasi 103- rasmda keltirilgan.

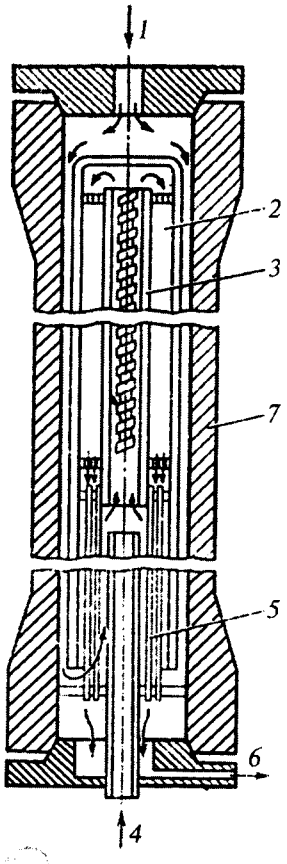


103- rasm. Uglerod (II) oksidi va vodoroddan metanol sintezi qurulmasining sxemasi.

1 — kompressor; 2 — skrubber; 3 — aralashtirgich; 4 — filtr; 5 — issiqalmashgich; 6 — sintez kolonnasi; 7 — kondensator; 8 — separator; 9 — xom spirt yig'gichi; 10 — sirkulyatsiya kompressori.

Oltingugurtli birikmalardan tozalangan dastlabki gazlar aralashmasi besh bosqichli kompressorda 1 dan 25 MPa gacha siqiladi. Uchinchi va to'rtinchi bosqichlar oralig'ida gaz nasadkali skrubber (2) da CO_2 dan tozalash uchun 3 MPa bosim ostida suv bilan yuviladi. Kompressorning beshinchi bosqichidan chiqqan siqilgan gaz aralashtirgich (3)da moylardan tozalash maqsadida filtr(4)ga yuboriladi. So'ngra gazlar aralashmasi issiq almashtirgichning (5) quvurlar oralig'idagi bo'shlig'i orqali o'tkaziladi, u yerda chiqib (6) ketuvchi kontakt gazlari bilan 220°C gacha qizib sintez kolonnasiga kiradi.

Metanol sintezi kolonnaning (104- rasm) balandligi 12—18 m, ichki diametri 0,8—1,2 m, devorining qalinligi 0,04—0,1 m. Uglerod



104- rasm. Metanol sintezi kolonnasining sxemasi.
1 — gaz kiradigan joyi;
2 — katalizator qutisi;
3 — elektr qizdirgich;
4 — gaz kiradigan joy (baypas gazi kiradigan yo'l); 5 — issiq almashtirgich; 6 — gaz chiqadigan yo'l; 7 — kolonna korpusi.

(II) oksidi uglerodli po'lat bilan birikib, temir pentakarbonilini ($Fe(CO)_5$) hosil qilib, po'latni emiradi, natijada qo'shimcha reaksiyalar kuchayadi. Shuning uchun kolonnaning ichi va ba'zi bir qismlari qizil mis bilan qoplanadi yoki ligerlangan po'latdan yasaladi.

Sanoatda 2 tipdagi sintez kolonnasidan foydalaniladi: 1. Tokchali kolonna, bunda katalizator bir necha tokchalarga qo'yiladi va gaz tokchalar orqali o'tadi. 2. Bir kolonnaning o'zida katalizator qutisi, elektr qizdirgich va issiq almashtirgichlari bo'ladi Kolonnadan chiqqan gazlar aralashmasi issiq almashtirgich quvurlari ichidan o'tib ancha soviydi va kondensator (7) to'liq sovib hosil bo'lgan «xom» spirt kondensatlanadi va separator (8)da reaksiyaga kirishmay qolgan gazlardan ajralib yig'gichga tushadi, gazlar esa kompressor orqali so'rib olinadi, aylanma gaz aralashtirgichda toza sintez gaz bilan qo'shiladi. Shu yerda sikl qo'shiladi.

«Xom» spirt 92-93 % bo'lib, tozalangach va rektifikatsiyalangach, 99,5 - 99,7 % toza metanol olinadi. 1 t. metanol olish uchun 700 m^3 CO, 1400-2000 m^3 H_2 sarflanadi. Unum nazariy hisobning 84-87 % ni tashkil etadi. Metanol sintezi fizik-kimyoviy sharoitlari va uni amalga oshirish va texnologik rasmiylashtirilishi bilan ammiak sinteziga o'xshaydi. Shuning uchun ko'pincha har ikkalasi ham bir korxonaning o'zida quriladi.

3- §. Etanol sintezi

Etanol insoniyatga qadim zamonlardan beri ma'lum, uni XI—XII asrlardan buyon uzum vinosidan ajratib olib keladilar. 1748-yilda I. Bexer etanolni kartoshkadan ajratib 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^3 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 fraksiyasi 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.

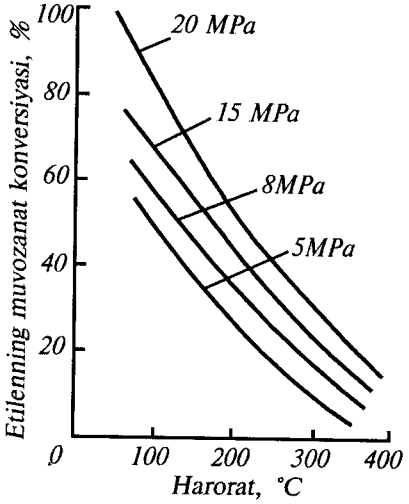
Sanoatda etilenni gidratlashning sinitetik usuli ikki xil usulda amalga oshiriladi: sulfat kislotali gidratlash va bug' fazali katalitik gidratlash (katalizator yordamida suv bug'ini etilenga to'g'ridan to'g'ri biriktirish).

Sulfat kislotali gidratlashni A.M.Butlerov kashf etgan. Bu usulning kamchiligi, ko'p bosqichli bo'lganligi hamda katta miqdordagi kislotani qayta ishlashga 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.

$$CH_2 = CH_2 + HOH = CH_3CH_2OH + 46\ kJ$$

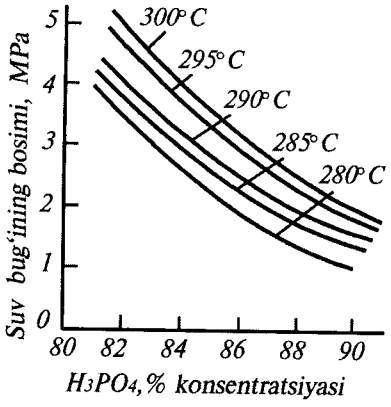
Haroratni pasaytirish va bosimni oshirish muvozanatni etilenni gidratlash tomonga siljitadi (105- rasm). Ammo bosimni 3 MPa dan



105- rasm. Etilenni spirtga etanolga aylanishdagi muvozanat konversiyasining harorat va bosimga bog'liqligi.

oshirish iqtisodiy jihatdan foydali emas. Past haroratdan foydalanish esa reaksiya tezligini ancha kamaytiradi. Shuning uchun reaksiyaga kirishmagan komponentlarni resirkulyalash iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiqdir. Barcha ma'lum katalizatorlardan silikagel, kizelgur, alumosilikat kabi g'ovakli tashuvchilarga shimdirilgan fosfat kislotasi nisbatan ancha samaralidir.

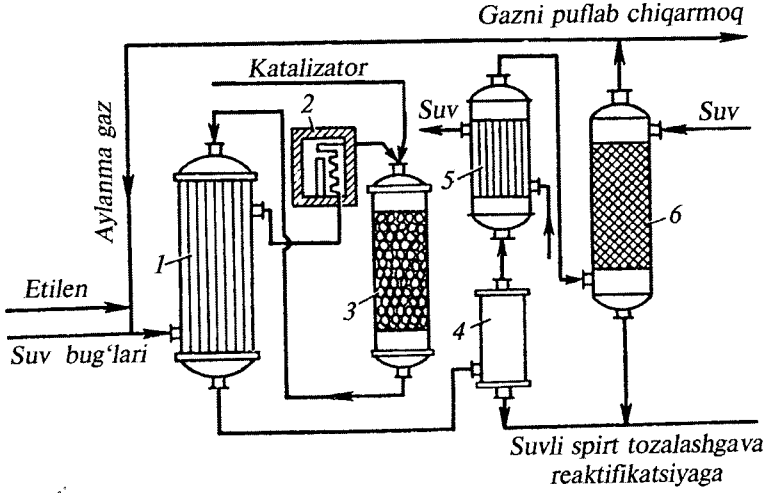
Katalizatorning aktivligi kislota konsenratsiyasiga bog'liq. 106- rasmda suv bug'ining parsial bosimi fosfat kislota konsentratsiyasiga bog'liqligi berilgan. Etilenni to'g'ridan-to'g'ri gidratlashning optimal sharoiti aniqlangan bo'lib, u 7–8 MPa bosim, 280–290°C harorat, katalizator yuzasidagi fosfat kislotasining konsentratsiyasi 83 % dan past bo'lmaydi. Sirkulyatsiyalanadigan gaz tarkibida elementning konsentratsiyasi (hajm bo'yicha) 80–85 %, suvning etilenga nisbatan molar hajmi 0,7 : 1, hajmiy tezlik 1800–2500 soat $^{-1}$. Shunday sharoitda 15–16 % li suvli spirtli eritma olinadi, etilenning konversiyasi reaktor orqali bir o'tganda 4–5 % ni tashkil etadi. Etilen bo'yicha umumiy unum – 95 %.



106- rasm. Turli haroratlarda suv bug'i bosimining fosfat kislota konsentratsiyasiga bog'liqligi.

Etilenni to'g'ri gidratlashning texnologik sxemasi (107- rasm) bir necha to'xtovsiz boruvchi bosqichlardan: 1) dastlabki bug'-gaz ara-

lashmasini 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 va sirkulyatsiya gazi bilan qo'shilib hosil bo'lgan aralashma reaksion gazlar aralashmasining issiqligi bilan 200°C gacha taxminiy qizdirish uchun issiq almashtirgichda boradi.



107- rasm. Etanol ishlab chiqarish uchun etilenni bug'li muhitda katalitik gidratlash qurulmasining sxemasi.
1 — issiqlik almashgich; 2 — pech; 3 — reaktor; 4 — suvli spirt yig'gichi; 5 — sovutgich; 6 — nasadkali yuvish kolonnasi.

So'ngra bug'-gaz aralashmasi quvursimon pechda 280°C gacha qizdiriladi va gidratorga 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 balandlikka qattiq katalizator bilan to'lg'azilgan gazning kontaktlanish vaqti 18 - 20 soniya. Gidrator ish rejimi bo'yicha ideal siqib chiqarish adiabatik reaktorlarga yaqin o'xshaydi.

Reaksiya natijasida hosil bo'lgan mahsulotlar aralashmasi izmaiz issiqalmashtirgichda soviydi, hosil bo'lgan kondensat (spirtning suvli suyuq eritmasi) yig'gichda ajralgach sovitgichda to'liq soviyda va reaksiyaga kirishmay qolgan gazlar etonol bug' bilan skrubberda

suv bilan to'liq yuvilib ajraladi. Yuvilgan va neytrallangan gazlar (sxema ko'rsatilmagan) siqilib toza etilen va suv bug'i bilan ajralib yana gidratorga yuboriladi. Aylanma gazning bir qismi uning tarkibida inert aralashmalar miqdori 15 % dan ortiq ketmasligi uchun sxemadan havoga chiqarilib yuboriladi. «Xom» etanol esa tozalashga va rektifikatsiyalashga yuboriladi.

Katalizator 500°C da unumli ishlaydi, shundan keyin uning aktivligi kamayadi, chunki sirkulyatsiya gazlari fosfor kislotani o'zi bilan uchirib olib ketadi (1 s.da 1 m^3 katalizatordan 0,4 kg H_3PO_4 olib ketiladi), shuning uchun unga ma'lum vaqt o'tgach, fosfot kislota shimdirib turiladi. Katalizator 900°C da regeneratsiyalanadi.Etanol 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 tan narxi kislotali usulda olinganidan 20% arzon turadi.

To'g'ri gidrodlash 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 ishlatilayotganida ko'ra aktivroq va chidamliroq katalizator topish hamda jarayonning suyuq fazada olib borish yo'llarini izlab topishdan iboratdir. Qurilmaning mahsuldorligi yiliga 150 ming t. ga teng.

Etanol (etil spirti yoki vino spirti) suyuq 78,39°C da qaynaydi(r= 0,7893 g/sm^3 20°C), uning suv bilan aziatrop aralashmasi (95,6 % li) keng ko'lamda ishlatiladi. Uni oziq-ovqat sanoatida, tibbiyot, atir-upa sanoatida, transportda (antifris) 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.

4- §. Formaldegid va sirka aldegidi ishlab chiqarish

Formaldegid sanoatda ikki xil usulda olinadi: 1) tabiiy gazlarni oksidlab; 2) metanolni oksidlab, uni degidrogenlash usuli ham deyiladi. Oksidlab degidrogenlashda (bu asosiy usul hisoblanadi) bir vaqtning o'zida endotermik degidrogenlash va ekzotermik oksidlash jarayonlari boradi.

$$CH_3OH \rightarrow HCHO + H_2 - 85\ kJ$$
$$CH_3OH + 0.5O_2 \rightarrow HCHO + H_2O + 156\ kJ$$

Reaksiya adiabatik sharoitda bug' havo aralashmasi (hajm bo'yicha 45 % metanol undan yuqori bo'lsa, spirt portlaydi) konversiyasiga asoslangan holda olib boriladi. Asosiy reaksiyadan tashqari qo'shimcha reaksiyalar ham boradi (bunda CO, CO_2, CH_4, H_2O lar hosil bo'ladi):

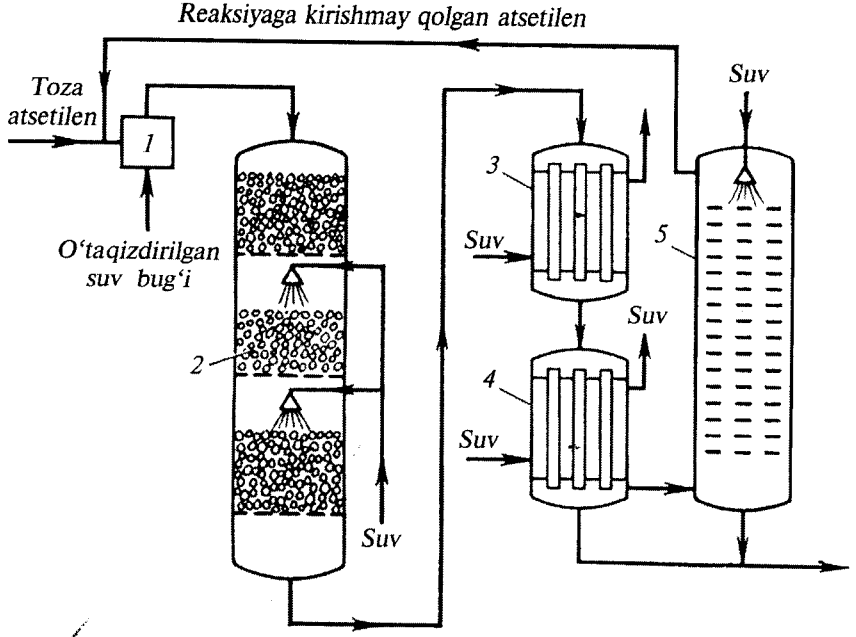
$$HCHO + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$$
$$HCHO \rightarrow CO + H_2$$
$$H_2 + 0{,}5O_2 \rightarrow H_2O$$
$$CH_3OH + H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$$

Oksidlab degidrogenlashda kam kislorod olinganligi uchun metanolning chuqur oksidlanish rivojlanmaydi. Katalizator sifatida pemzaga, mis turlariga yoki qirindilariga o'tkazilgan kumushdan foydalaniladi.

Sirka aldegidi Kucherov reaksiyasi (1881- yil) yordamida olinar edi. Bunda ishlatiladigan simobli katalizatorning zaharli bo'lganligi uchun, hozirgi davrda asetilenni 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 ($CdHPO_4, Ca_3(PO_4)_2$) qavati orqali o'tkaziladi.

$$CH{\equiv}CH + HOH \rightarrow \underset{\text{vinil spirti}}{[CH_2{=}CHOH]} \rightarrow CH_3CHO$$

Atsetilenga suvning birikishidan hosil bo'lgan vinil spirti darhol qayta guruhlanib, sirka aldegidiga aylanadi. Aldegidni tezlik bilan reaksion aralashmadan ajratib olish kerak, aks holda kondensatlanadi. Avval kroton aldegidiga aylanadi, so'ngra smola hosil qiladi. Shuning uchun reaktorga (108- rasm) shunday miqdor asetilen yuboriladiki, uning bir qismi (40-50 %) reaksiyaga kirishishga ulguradi xolos. Reaksiyaga kirishmay qolgan qismi va suv bug'i hosil bo'lgan uchuvchan aldegidni (qaynash harorati 21°C) o'zi bilan uchirib olib ketadi.



108- rasm. Atsetilenni bug' fazali gidratlash yo'li bilan sirka aldegid olish sxemasi.

1 — aralashtirgich; 2 — reaktor; 3 — foydalanish (bug') qozoni; 4 — suvli kondensator; 5 — yuvish minorasi.

Gazning o'ta qizib ketmasligi uchun katalizator qavatlari oralig'iga suv purkalib turiladi. Gaz avval foydalanish qozonida, so'ngra kondensatorda sovitiladi. U yerda suv bug'i va qisman sirka albdegidi kondensatlanadi. Keyin gaz tarelkali kolonnada sovitilgan suv (5-10°C gacha) bilan yuviladi, qaysiki, u aldegidni yaxshi eritadi. Tozalangan gaz yangi porsiya atsetilen bilan qo'shilib yana reaktorga

kiritiladi. Asetilenni gidratlashda sirkulyatsiyadan foydalaniladi. Kondensatorda va kolonnada hosil bo'lgan aldegidning suli 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 kondensatlab olinadi. Sirka aldegidning unumi reaksiyaga kirishgan atsetilenga nisbatan 85 % tashkil etadi.

Sirka aldegidi olishning iqtisodiy jihatdan foydali usuli, uni atsetilenga nisbatan arzon ashyo hisoblangan etilenni oksidlab olishdir. Etilenni oksidlash paladiy (II) xloridi va uni regeniratsiyalash uchun oksidlovchi mis (II) xloridning suvdagi eritmasidan iborat katalizator eritmasida olib boriladi. Jarayon bir bosqichli.

Ichi 100°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.

$$CH_2 = CH_2 + PdCl_2 + H_2O \rightarrow CH_3CHO + Pd + 2HCl$$

Ajralib chiqqan paladiy yana xloridga aylanadi.

$$Pd + 2CuCl_2 \rightarrow PdCl_2 + 2CuCl$$

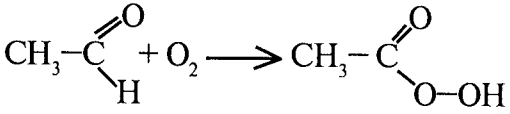
Reaktorga CuCl ni oksidlash uchun kislorod ham yuboradi.

$$4CuCl + O_2 + 4HCl \rightarrow 4CuCl_2 + 2H_2O$$

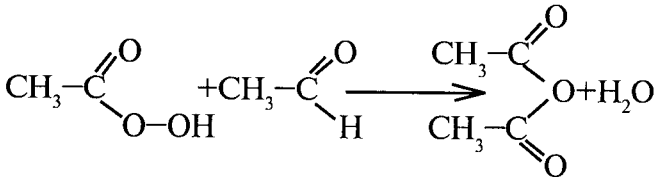
Jarayon ekzotermik bo'lganligi uchun eritma qaynaydi, reaktordan aldegid, suv bug'lari va etilenning aralashmasidan iborat bug' chiqadi. So'ngra ular atsetilenni bug' fazali gidratlashdagi kabi qismlarga ajratib olinadi. Bug'langan suv o'rnini to'ldirib turish uchun reaktorga suv ham solinib turiladi. Aldegidning unumi 95 % ni tashkil qiladi. Sirka aldegidi o'tkir, yoqimsiz hidli suyuqlik, suvda yaxshi eriydi, ko'pgina organik erituvchilarda ham eriydi, zaharli sirka aldegididan sanoat miqyosida sirka kislota sirka angidiridi, etil spirti, aldol, butil spirti, atsetallar, aldegidoammiaklar, etilatsetat, pentoeritrit va qator boshqa moddalar olinadi.

5- §. Sirka kislota ishlab chiqarish

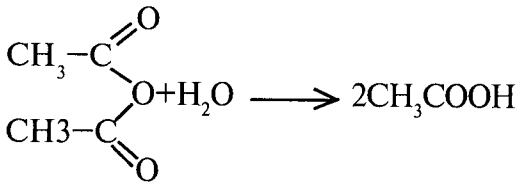
Sirka kislotasini birinchi bo'lib I. Glauber 1648- yilda olgan. Sirka kislota karbon kislotalarining ichida nisbatan muhimi bo'lib, qadimda tarkibida etil spirti bo'lgan ichimliklar (vino, pivo va boshqalar) biokimyoviy achitish yo'li bilan olingan. Hozirgi vaqtda biokimyoviy usul bilan faqat oziq-ovqat uchun ishlatiladigan sirka kislota olinadi. Keyinchalik sirka kislota beryoza 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 kislotagacha oksidlanish uch bosqichda boradi:



(1)



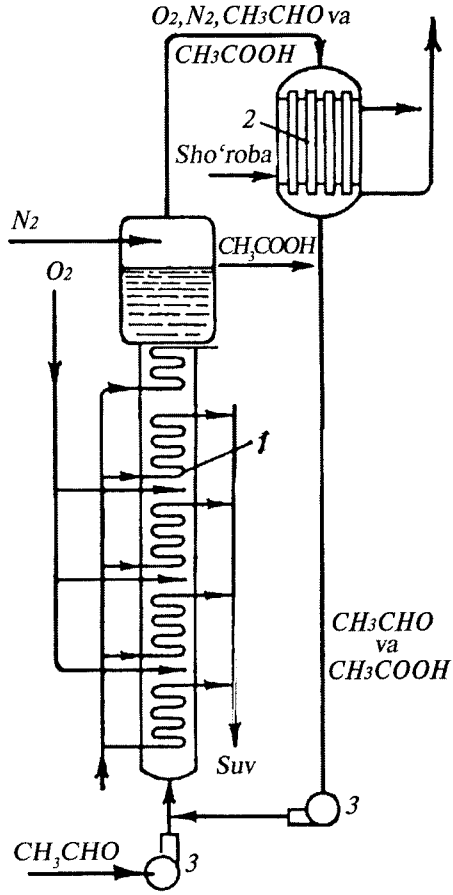
(2)



(3)

Birinchi bosqichda hosil bo'lgan persirka kislota kuchli oksidlovchi bo'lib, ikkinchi bosqichda u sirka aldegid bilan birikib uni sirka angidridiga 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 marganets(II) atsetatning (katalizator) sirka kislotadagi eritmasidan foydalaniladi. ($Mn(CH_3COO)_2$) reaksiyaning ham birinchi, ham ikkinchi bosqichlarini tezlashtiradi. Uchinchi bosqichi - angidridning gidratlanishi (1) va (2) bosqichlardan ko'ra sekinroq boradi.

Aldegidni oksidlash reaktorda (oksidlash kolonnasida) olib boriladi (109- 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 bosim bilan bir necha quvurchalar orqali mayda pufakchalar shaklida kolonnaga bir tekisda taqsimlanib kiradi. Sovitish va optimal haroratni (65—70 °C) saqlash uchun kolonna ichida sovitgichlar o'rnatilgan. Kolonnaning yuqori qismidan sirka kislota chiqadi va rektifikatsiyaga yuboriladi.



109- rasm. Sirka aldegidni oksidlab sirka kislota olish sxemasi.
1 — oksidlash minorasi(kolonnasi) 2 — kondensator; 3 — nasoslar.

Kolonnadan chiqqan gazlarni (sirka aldegidining va kislotasining bug'lari, kislorod) portlashdan saqlash uchun azot qo'shib suyultiriladi. Gazlar aralashmasi kondensatorga borib kondensatlanadi va kolonnaga qaytariladi. Olingan sirka kislota ketma ket ikkita rektifikatsiya kolonnasidan o'tadi. Birinchisida yengil qaynovchi qo'shimchalardan tozalanadi, ikkinchidan esa kislota bug'lari katalizatordan (uchuvchan emas) va qiyin qaynovchi qo'shimchalardan tozalanadi. Olingan sintetik sirka kislota 95–99,5 % bo'lib tarkibida 0,5–5 % gacha suv saqlaydi. Unumi 92 %.

Ikkinchi bosqichda hosil bo'lgan suvni reaksion aralashmadan ajratib olinsa, sirka angidrid olish mumkin bo'ladi. Sirka angidridi kobalt (II) va mis (II) asetatlari katalizatori ishtirokida aldegidni etilasetat bilan aralashmasini 60°C da oksidlab olinadi. Sirka kislota rangsiz, o'tkir hidli suyuqlik, qaynash harorati 118°C).

Dunyoda sirka kislotasi hozirgi vaqtda har yili 3,5 mln. tonnadan ko'proq ishlab chiqarilmoqda.

Sirka kislota va uning xossalari sanoatning turli tarmoqlarida juda keng ishlatiladi. U asetilselluloza olishda (undan asetat tolasi, plastmassalar, laklar, yonmaydigan kinoplonkalar va boshqalar olinadi), atsetillovchi modda sifatida organik sintez sanoatida oziq-ovqat va to'qimachilik sanoatlarida va boshqalarda ishlatiladi.

6- §. Stirol ishlab chiqarish

Stirolni birinchi marta E. Simon yog'och smolosidan 1839- yilda ajratib oldi. 1949- yilda sanoatda etilbenzoldan olina boshlandi. 1867- yilda A. Bertlo benzol va atsetilendan sintezladi.Stirol va kaprolaktam olish uchun muhim xom ashyo sifatida benzol ishlatiladi. Stirol olishning birinchi bosqichida benzol etilen bilan alqillanadi. Bunda katalizator sifatida ozroq vodorod xlorid bilan aktivlangan suvsiz aluminiy xlorid ishlatiladi:

$$C_6H_5 - H + CH_2 = CH_2 \xrightleftharpoons{AlCl_3+HCl} C_6H_5 - CH_2 - CH_3 + 100kJ$$

Etilbenzol

Reaksiya, qo'shimcha reaksiyalar, asosan di-, tri- etilbenzollar hosil bo'lishi bilan boradi. Katalizator to'xtovsiz reaktorga tushib turishi uchun uni aluminiy xloridi, dietilbenzol, benzol va etil xlorid aralashmasidan (suyuq holda) tayyorlanadi. Dietilbenzol va etilxlorid polialkilbenzol hosil qilish bilan boradigan qo'shimcha reaksiyalarni kamaytirish uchun qo'shiladi. Alkillash balandligi 10 m, diametri 1,5 m bo'lgan kolonna tipidagi emallangan reaktorda olib boriladi. Reaksion aralashma ishqor bilan yuvilgach ikkita rektifikatsiya kolonnasida ajratiladi. Birinchisida benzol haydaladi va yana qayta reaktorga kiritiladi, ikkinchisida etilbenzol va dietilbenzol, keyingisining bir qismi katalizator kompleksini tayyorlanish uchun yuboriladi. Etilbenzolning unumi benzolga nisbatan 90–95%ni tashkil etadi. Ishlab chiqarishda 1 t. etilbenzolga 0,77 t. benzol, 0,3 t. etilen va 25–30 kg aluminiy xlorid sarflanadi:

Ikkinchi bosqichda etilbenzol degidrogenlanadi:

$$C_6H_5CH_2CH_3 \xrightarrow{-H_2} C_6H_5CH{=}CH_2$$

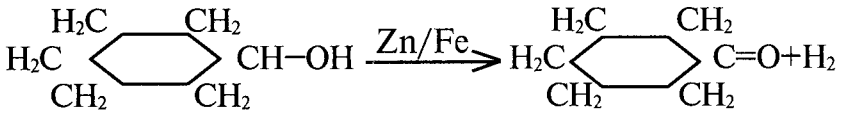
Bunda ham benzol, toluol, etilen, metan, almashgan stilbenlar hosil bo'lishiga olib keluvchi qo'shimcha reaksiyalar boradi. Degidrogenlanganda reaksion sistemaning hajmi ortadi, shuning uchun bosimni kamaytirish talab qilinadi. Buning uchun reaktorga 700–750°C qizigan suv bug'i kiritish bilan etilbenzolning parsial bosimi kamaytiriladi, bu bir vaqtning o'zida issiqlikni tashuvchi vazifasini ham o'taydi. Etilbenzol va bug'ning mol nisbatlari 1:15. Katalizatorlardan stirol-kontakt katalizatori (8 % li rux oksidi, 5 % CaO ,5 % kaliy sulfat, 3 % kaliy xromat, 2 % KOH) keng qo'llaniladi. Etilbenzol adiabatik va quvursimon tipdagi reaktorlarda degidrogenlanadi. Polimerlanishning oldini olish uchun haydash jarayoni past bosimda (0,4 kPa) olib boriladi (stirolning qaynash harorati 54°C) olingan toza stirolga ingibitor gidroxinon qo'shiladi. Stirolning unumi 90 %. Xuddi shunday sxema bo'yicha benzol va propilendan avval kumol (izopropilbenzol), so'ngra uni degidrogenlash bilan α-metilstirol olinadi.

7- §. Kaprolaktam ishlab chiqarish

Kaprolaktam (ε — aminokpron 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 (siklo- geksanning qaynash harorati (q/h) 81°C), unumdorlik 120 ming t/yilga teng :

$$C_6H_6+3H_2 \rightarrow C_6H_{12.}$$

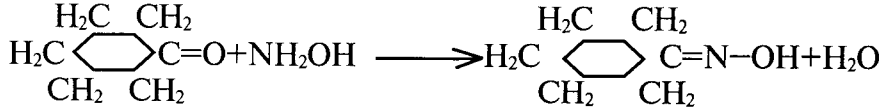
Ikkinchi bosqichda kobalt stearati yoki naftenatidan iborat katalizator ishtirokida 0,2 MPa bosimda 180—200°C da siklogeksan havo kislorodi bilan suyuq fazada oksidlantiriladi. Oksidlash, siklogeksanolga aylanishi 8-10 % dan oshmasligi uchun juda ohistalik bilan olib boriladi. Rektifikatsiyalab haydashdan qolgan qoldiq reaksiyaga kirishgan siglogeksanga hisoblanganda 80 % siklogeksanol (q/h = 160°C) va 20% siklogeksanon (q/h = 155°C) aralashmasidan iborat bo'ladi. So'ngra aralashma yana rektifikatsiyalanib ajratiladi. Uchinchi bosqichda siklogeksanoldan 450°Cda ruxlangan temir katalizatori yuzasida vodorodni ajratib olish orqali oksidlab, siklogeksanon olinadi



siklogeksanol siklogeksanon

450°C gacha qizdirilgan siklogeksanol bug'larli ichi katalizator bilan to'lg'azilgan quvursimon kontakt apparatiga kiritiladi, u yoqilg'i gazi bilan qizdiriladi. Reaksiya natijasida olingan vodorod tozalanib sintezning birinchi bosqichida ishlatiladi. Siklogeksanon

rektifikatsiyalanib, reaksiyaga kirishmay qolgan siklogeksanoldan ajratib olinadi. Unumi 93 %. To'rtinchi bosqichda siklogeksanonga gidroksilamin (NH_2OH) ta'sir ettirib, uning oksimi olinadi:

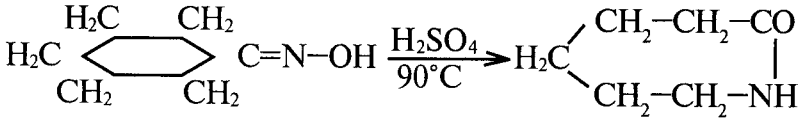


siklogeksanonning oksimi

Gidroksilamin esa uning tuziga ammiak ta'sir ettirib olinadi:

$$2NH_4OH \cdot H_2SO_4 + 2NH_3 \rightarrow (NH_4)_2SO_4 + 2NH_2OH$$

Gidroksilamin 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_2SO_4) ta'sir ettiriladi, natijada Begman bo'yicha guruhlanish borib kaprolaktamga aylanadi :



Po'lat reaktorda harorati 100°C bo'lganda oleumga oksim qo'shiladi va zmeviklarda (burama spiralsimon naycha) suv bilan sovitiladi. Hosil bo'lgan laktam eritmasi suvga qo'yiladi va ammiak bilan neytrallanadi. Suyuqlangan kaprolaktam ajratiladi va ikki marta vakuumda haydab olinadi (q/h 68-69°C). Unumdoriligi 50 ming t/ yilga teng. Kaprolaktam fenolni platina katalizatori yordamida oksidlab ham olinadi. Ammo bu ko'p bosqichli (6 bosqich) va iqtisodiy jihatdan foydali emas. Ammo yaqinda venger olimlari kaprolaktam olish uchun fenolning bir bosqichli gidratlanish usulini kashf etib, ishlab chiqarishga joriy qildilar.

X BOB. YUQORI MOLEKULAR BIRIKMALAR

Yuqori molekular birikmalar (YuMB) 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.

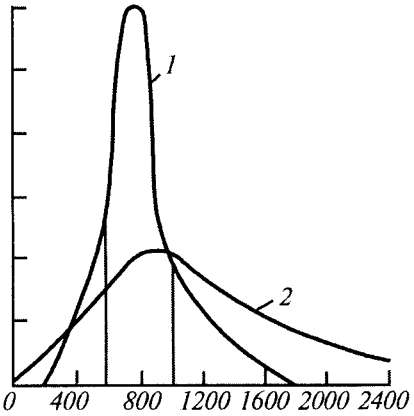
Kishilar qadim zamonlardan biri tabiiy YuMBdan kiyim-kechaklar, oyoq kiyimlari, uylar, mehnat qurollari tayyorlashda foydalanib kelganlar. Ammo YuMB ishlab chiqarishning qimmatligi, assortimenti, mexanik xossalari, resurslari, ularga bo'lgan sanoatning hamda kishilarning xo'jalik faoliyati talablarini qondira olmadi.

XIX asrning oxirlarida sanoatda tabiiy YuMB ni kimyoviy modifikatsiyalab ishlab chiqarish o'zlashtirildi. Taxminan 80 yillar ilgari birinchi sintetik YuMB ishlab chiqaruvchi korxonalar paydo bo'ldi. Hozirgi vaqtda sintetik yuqori molekular birikmalar (YuMB) 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 YuMB rangli metallarga nisbatan miqdor jihatdan ham, sifat jihatdan ham ko'p ishlab chiqarilmoqda va o'sish sur'ati davom etmoqda. YuMB ishlab chiqarishning bunday tez sur'atlarda o'sishiga sabab, unda ko'pgina: elastiklik, qattiqlik, 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. YuMB ni ishlab chiqarish jarayoni va ular asosida buyumlar tayyorlashni mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish oson. Shuning uchun ham ular avtomobilsozlik, samolyotsozlik, kemasozlikda, elektrotexnika, radioelektronika, kosmonavtikada kimyoviy, yengil, oziq-ovqat, tibbiyot va sanoatning boshqa ko'pgina tarmoqlarida turli buyumlarini tayyorlashda keng ko'lamda ishlatilmoqda.

1- §. Yuqori molekular birikmalarning xossalari, sinflarga bo'linishi va olinish usullari

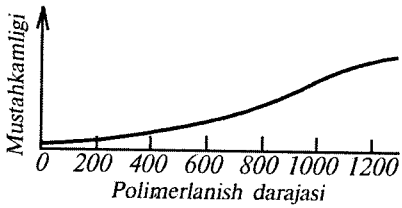
YuMB ni *polimerlar* ham deyiladi. Polimerlar deb molekulalarning kimyoviy tarkibi va tuzilishi bir xil bo'lgan ko'p marta takrorlanadigan zvenolardan tuzilgan yuqori molekular birikmalarga aytiladi. Odatdagi organik birikmalarda molekulaga biror zvenoning yoki guruhning kiritilishi yoki chiqarilishi ularning fizik-kimyoviy xossalarini keskin o'zgartirib yuboradi. Masalan, normal uglevodlarning qaynash haroratini o'zgarishini olaylik: $C_4 H_{10}$—135°C, $C_6 H_4$—95°C, $C_8 H_{18}$—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°C, da qaynasa, $C_{64} H_{139}$ -102°C da qaynaydi. Polimerlarning molekular massasi monomerlarga nisbatan shu qadar kattaki, molekulada bitta yoki bir nechta atomlar guruhining kirishi yoki chiqishi amalda xosalarning o'zgarishiga olib kelmaydi. Polimer makromolekulasida bir xil 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 — CHCI — butadiyenda CH_2— CH= CH— CH_2 — va hokazo. Polimerning molekular massasi M, elementar zveno mol massasining, polimerlanish darajasiga n, ko'paytmasiga teng: M=m·n



110- rasm. Polimerlarda molekulalarning molekular massalari bo'yicha taqsimlanishi. 1 — nitrosellyuloza; 2 — polistirol.

Polimerlar odatdagi birikmalardan farq qilib har xil molekular massaga ega bo'lgan molekulalardan tashkil topgan (110-rasm). Shuning uchun ularning faqat o'rtacha molekular massasini hamda o'rtacha polimerlanish darajasini aniqlash mumkin.

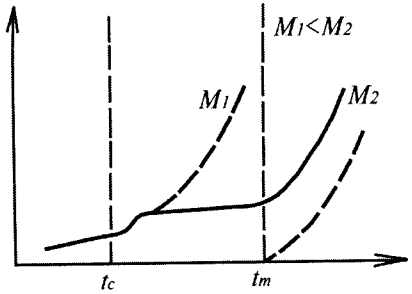
Polimerlar uchun ko'pgina umumiy xossalar xosdir. Bu xossalar molekular massalarning kattaligi, fizikaviy holati, fazoviy tuzilishi, makromolekulaning joylashuvi kabilar bilan aniqlanadi. Polimerlar ko'pincha qiyin eriydi. Molekular massasining ortishi bilan eruvchanligi kamayib boradi. Ularning eritmalari hatto past konsentratsiyada ham yopishqoq bo'ladi. Ular uchuvchan emas, aniq suyuqlanish harorati yo'q, qizdirilganda sekinlik bilan yumshab qovushqoq oquvchan holatga o'tadi. Ularning ko'pchiligi qizdirilganda yumshamay parchalanadi. Mexanik xossalari ham yumshash haroratiga o'xshash, ularning molekular massalariga bog'liq. (111- rasm). Qanchalik molekular massasi va makromolekulasi uzunligi katta bo'lsa, molekulalari orasida o'zaro ta'sir kuchlari ham shunchalik katta bo'ladi, shuning hisobiga uzilishga chidamliligi ham ortadi.



111- rasm. Paxta tolasi mustahkamligining uning molekular massasiga bog'liqligi.

Polimer makromolekulalarining bir-biriga nisbatan fazoviy joylashish tartibiga qarab tartibli tuzilishi kristali holatda yoki tartibsiz (xaotik) tuzilishli amorf holatda bo'lishi mumkin. Kristallik holatli tuzilish o'sib borgan sayin polimerning mustahkamligi va qattiqligi ortib boradi. Amorf tuzilmali qismlar esa plastiklik xossasini namoyon qiladi. Masalan, politetroftoretilen (teflon) 80–85 % kristalik fazadan va 15–20 % amorf qismdan iborat, bu fazalar bir-biriga o'tmaydilar. Shu sababli, polimer katta harorat oralig'ida -269°C dan to parchalanish haroratigacha o'z elastikligini yo'qotmaydi. Qattiqligini esa polimer suyuqlana boshlangancha yo'qotmaydi. Kristallilik darajasi polimer makromolekulasida o'rinbosarlarning fazoviy joylashish tartibiga bog'liq.

Stereoregulyar polimerlar ataktik polimerga nisbatan yumshash harorati va mexanik mustahkamligi ancha yuqori bo'ladi. Kristallilik darajasi yuqori bo'lmagan polimerlar haroratga qarab shishasimon, elastikligi yuqori va yopishqoq oquvchan bo'ladilar.



112- rasm. O'zgarmas yuk ta'sirida polimer deformatsiyalanishining haroratga bog'liqligi.

Ular qizdirilganda mexanik xossalarining o'zgarishi bilan bir holatdan boshqa holatga o'tadilar (112- rasm).

Bir holatdan boshqa holatga o'tish chegarasi polimerning tuzilishi va makromolekulasining kattaligi bilan belgilanadi.

Polimerlarning sinflarga bo'linishi. Ularning kelib chiqishi, asosiy zanjirning tarkibi, makromolekulaning tuzilishi, olinishi, qayta ishlash usullari va boshqalarga qarab amalga oshiriladi. Kelib chiqishiga qarab tabiiy va sintetik polimerlarga bo'linadi. Tabiiy polimerlarga sellyuloza, kraxmal, tabiiy ipak, tabiiy kauchuk va boshqalar hamda kimyoviy yo'llar bilan boshqa shaklga aylantirilgan (modifikatsiyalangan) tabiiy polimerlar, masalan, nitrosellyuloza, atsetilsellyuloza kiradi

Sintetik polimerlar gamonomerlardan olingan: polipropilen, polistirol, polietilen, butadiyenli 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, polilefinlar, 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'ladi. Bunday polimerlar element organik polimerlar deyiladi (polisiloksanlar, titanoksanlar, alumoksanlar).

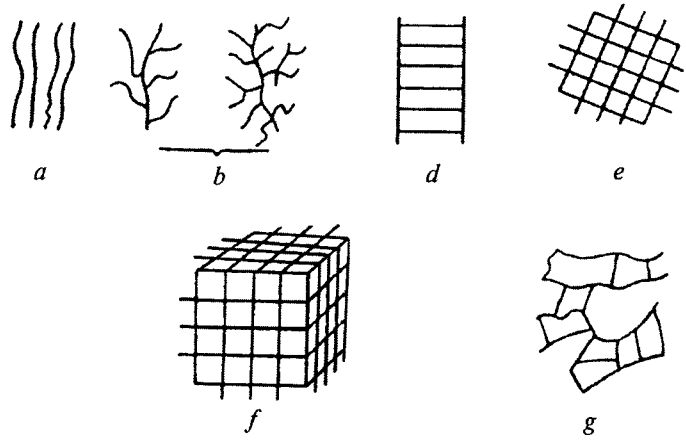
Agar asosiy zanjirda va yon zanjirlarda ham uglerod atomi bo'lmasa, *anorganik polimerlar* deyiladi. Har qaysi sinflar yana gomozanjirli va geterozanjirli polimerlarga bo'linadi. Gomozanjirli polimerlarda asosiy zanjir bir xil element atomlaridan tashkil

topgan bo'ladi. Geterozanjirida esa asosiy zanjir turli element atomlaridan tashkil topadi.

Organik gomozanjirli polimerlarga *karbozanjirli polimerlar* deyiladi. Ularda asosiy zanjir uglerod atomidan iborat bo'ladi. Masalan, polietilen, polinilxlorid, polivinil spirti ko'pgina sintetik kauchuklar va boshqalar.

Geterozanjirli polimerlar asosiy zanjirda uglerod va boshqa elementlar (azot, kislorod, oltingugurt, fosfor va hokazolar) saqlaydi. Masalan, polisaxaridlar, poliamidlar, poliefirlar, poliuretanlar va boshqalar.

Makromolekulalarning tuzilishiga (geometrik shakliga) qarab 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 (113-rasm). Chiziqsimon polimerlarda makromolekulaning uzunligi, uning ko'ndalang kesimidan yuz va minglab marta katta bo'ladi. Masalan, sellyuloza, tabiiy kauchuk, fibroin, kazein va boshqalar.



113- rasm. Polimerlar fazoviy tuzilishining sxematik tasviri.
a — chiziqsimon; b — tarmoqlangan; d — narvonsimon;
e — parketsimon; f, g — fazoviy tuzilishlar.

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‘ziluvchan) 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, sovitilganda 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 usuliga qarab polimerlanish va polikondensatlanish polimerlariga bo‘linadi. Polimerlar, tarkibida ikkitadan kam bo‘lmagan reaksion qobiliyatli funksional guruh, qo‘sh bog‘, beqaror xalqalar, 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 tezlashtiruvchi moddalar, katalizatorlar, nur, issiqlik yoki yadro 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 bosqichda: tezlashuv, zanjirning o‘sishi, zanjirning uzilishi bosqichlarida boradi. Polimerlanish jarayonida radikal yoki ionli mexanizmda 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'chishiga 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 molekular massasi katta bo'lgan radikallar hosil bo'ladi (zanjirning o'sishi). Erkin radikallarda kimyoviy aktivligi yuqori bo'lgan juftlanmagan (toq) elektronning mavjudligi, ularning monomerlari bilan reaksiyaga kirishishiga moyillik yaratadi. Natijada, monomer molekulasida o'sish imkoniyatiga ega bo'lgan aktiv markaz hosil bo'ladi.

$$R{-}R \cdot \xrightarrow{Th\upsilon} R \cdot + R' \quad \text{(initsiatorning parchalanishi).}$$

$$CH_2 = CH_2 + R \cdot \rightarrow RCH_2 \cdot CH_2 \quad \text{(tezlashuv jarayoni)}$$

$$RCH_2{-}CH + CH_2 = CH_2 \rightarrow R\,CH_2\,CH_2\,CH_2 \cdot CH_2$$

$$R(CH_2)_3 \cdot CH_2 + nCH_2{=}CH_2 \rightarrow RCH_2CH_2(CH_2CH_2)_n\,CH_2 \cdot CH_2$$

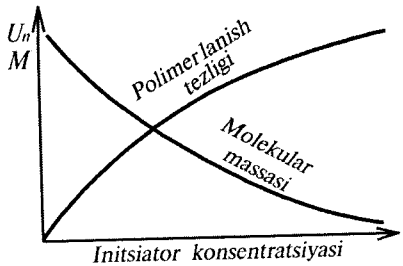
(zanjirning o'sishi)

$$R\,CH_2\,CH_2\,(CH_2\,CH_2)_n\,CH_2 \cdot CH_2 + R \cdot$$

$$R\,CH_2 - CH_2\,(CH_2\,CH_2)_n\,CH_2\,CH_2\,R' \quad \text{(zanjirning uzilishi)}$$

Zanjirning o'sishi boshqa radikallar bilan o'zaro ta'sir etganda to'xtaydi. Boshqa radikal manbai erituvchi, monomer molekulasi yoki polimerning o'zi bo'lishi mumkin. Polimerlanish darajasi zanjirning o'sish va uzilishi 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 unga mos ravishda molekular massa har xil bo'ladi. Initsiator konsentratsiyasi yoki nurlantirish jadalligi oshirilsa, erkin radikallar soni ham, aktiv markazlar ham ortadi va demak, polimerlanishning umumiy tezligi ortadi.

Bunda polimerning o'rtacha molekular massasi kamayadi (114-rasm). Polimerlanish vaqtini uzaytirish polimer unumini oshiradi



114- rasm. Polimer molekular massasining va polimerlanish tezligining inisiator konsentratsiyasiga bog'liqligi.

va molekular massasiga ta'sir etmaydi. Haroratning ortishi jarayon tezligini oshiradi, ammo polimerning molekular massasini kamaytiradi. Bosimdan foydalanish polimerlanishni tezlashtiradi va molekular massani oshiradi.

Ion polimerlanish radikal polimerlanishdan farq qilib, katalizator ta'sirida zanjirli yoki pog'onali mexanizmda boradi. U katonli va anionli polimerlanishga bo'linadi. Kationli polimerlanish Lyuis kislotalari (Al Cl_3 BF_3, Sn Cl_4 va boshqalar) ishtirokida boradi. Aktiv katalitik kompleksning monomerlar bilan o'zaro ta'siri aktiv markazning (kationning) paydo bo'lishiga olib keladi, qaysiki, u zanjirning o'sishini boshlab beradi:

$$(CH_3)_2C{=}CH_2 \xrightarrow{(BF_3OH)H^+} (CH_3)_2C^+{-}CH_3$$

Zanjirning o'sishi:

$$(CH_3)_2C^+{-}CH_3{+}(CH_3)_2C{=}CH_2 \rightarrow (CH_3)_3CCH_2C^+(CH_3)_2$$

Zanjirning uzilishi protonning uzilib chiqishi yoki anionning birikishi hisobiga sodir bo'ladi:

$$(CH_3)_3C[CH_2C(CH_3)_2]_nCH_2\overset{+}{C}(CH_3)_2 \xrightarrow{-H^+}$$
$$\rightarrow (CH_3)_3C[CH_2C(CH_3)_2]_nCH_2C(CH_3){=}CH_2$$

Anionli mexanizmda 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 faqat bunda tezlatuvchi zarracha vazifasini anionlar bajaradi. Bu usul bilan qat'iy chiziqli

tuzilishli otereoregulyar hamda fazoviy aniq yo'nalishli polimerlar olinadi. Stereoregular polimerlar yuqori mustahkamlikka va zichlikka, issiqqa chidamliligi bilan ajralib turadi.

Bosqichli polimerlanish mexanizmida monomer molekulalari 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 geksametilendiizosianat va 1,4 butandioldan poliuretan olish reaksiyasini ko'ramiz:

$$HO(CH_2)_4OH+C(=O)=N(CH_2)_6N=C(=O)+HO(CH_2)_4OH\rightarrow$$

$$\rightarrow HO(CH_2)_4OCONH(CH_2)_6NHCOO(CH_2)_4OH\rightarrow$$

$$\rightarrow[-CONH(CH_2)_6NHCOO(CH_2)_4O-]n$$

Polimerlanish reaksiyasi qizdirish bilan olib boriladi. Sopolimerlanish, kimyoviy tarkibi bilan bir-biridan farq qiluvchi, ikki yoki bir necha monomerlarni birgalikda polimerlanishi jarayonidir. Sopolimerlanish shunday xossali polimerlar olishga imkon beradiki, bunda ushbu monomerlar alohida polimerlaganda bunday xossali polimer olib bo'lmaydi. Masalan, butadiyenli kauchuk va uning asosida olingan rezina yuqori darajada elastiklikka ega, ammo yedirilishga chidamsiz, polistirol qattiq va mo'rt butadiyen va stirolni birgalikda polimerlash (sopolimerlash) elastikligi kamaygan, ammo edirilishga 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 ikki yoki undan ortiq monomerlarni bosqichli polimerlanish usuli bilan yoki chiziqsimon zanjirli polimerning boshqa monomer (gomopolimer) bilan sopolimerlanishi natijasida olish mumkin. Har ikkala usulda ham polimerlanishning dastlabki bosqichida uchida V monomerni

biriktira oladigan aktiv markaz tutgan A monomer zvenolaridan iborat molekular zanjir hosil bo'lishi bilan boshlanadi. Polimer bloklar ko'rinishida olinadi, so'ngra maydalanadi. Ba'zan tayyor buyum (masalan, organik shisha) olish ham mumkin. Bu usulda polistirol, polietilen, poliakrilatlar va shu kabilar olinadi. Blok polimerlari polidispers 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. Bunday usulda polivinilasetat, polivinilxlorid, polivinilasetilen va shu kabilar olinadi. Bu usulda monodispers polimer olinadi, ammo undan erituvchini to'liq ajratib olib bo'lmaydi.

Emulsiyada polimerlash monomerni, suvda eruvchi initsiator (tezlatuvchi) emulgatorlar va boshqa qo'shiladigan narsalar bilan taxminiy, so'ngra barqaror emulsiya hosil bo'lguncha qattiq aralashtiriladi. Keyin emulsiya, monomerning polimerlanishni ta'minlash darajasigacha qizdiriladi. Hosil bo'lgan polimerni kuchli elektrolitlar (kislota va tuzlar) qo'shish yo'li bilan ajratib olinadi. Jarayonning kinetikasiga, harorat, vaqt, inisiator miqdori, amulgator tabiati, aralashtirish tezligi ta'sir etadi.

Suspenziyada polimerlash usulida suvda erimaydigan, ammo monomerlar eruvchi inisiatordan foydalaniladi. Bu usulda sharsimon granulalar shaklida nisbatan molekular massasi katta bo'lgan polimer olinadi.

Polikondensatlanish molekulasi 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 tarkibi dastlabki monomerlar tarkibidan bir muncha farq qiladi. Bu usulda fenolformaldegidli, monevinaformalgedli, 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.

$$H_2N(CH_2)_6COOH+HNH(CH_2)_6COOH\rightarrow$$

$$\rightarrow H_2N(CH_2)_6CONH(CH_2)_6COOH+H_2O$$

$$H_2N(CH_2)_6CONH(CH_2)_6COOH+HNH(CH_2)_6COOH\rightarrow$$

$$\rightarrow H_2N(CH_2)_6CONH(CH_2)_6CONH(CH_2)_6COOH+H_2O$$

va shu kabi to polimergacha $H[-HN(CH_2)_6CO-]_nOH+(n-1)H_2O$.

Dastlabki monomerning tabiatiga va qo'llaniladigan 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 qovushqoqligi ortadi. Hosil bo'lgan makromolekulaning harakatchanligi (oquvchanligi) 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 xossalariga 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 bo'limi yuzasida olib boriladi. Suyuqlanmalarda polikondensatlanishdan moddalar va hosil bo'ladigan polimer suyuqlantirilgan holatda uzoq muddatgacha parchalanmay tura olsagina 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 haqida erituvchini regeneratsiyalash zarur bo'ladi.

Fazalar bo'limi 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 bo'limi chegarasida olish mumkin.

Polimerning qotishi chiziqli tarmoqlangan polimerni uch o'lchamli holatga o'tkazishdir. U qizdirish, nurlantirish yoki reagentlar ta'sir ettirish va boshqa usullar bilan amalga oshiriladi. Masalan, ko'pgina polikondensatlanish orqali olingan smolalarni geksametilentetramin (urotropin) bilan qizdirilganda, ular qotadi (urotropin) formaldegid va ammiakka parchalanadi.

Sintetik yuqori molekular birikmalar (polimer olingandan so'ng tozalanadi va maydalanib donalar yoki kukunsimon shaklga keltiriladi).

2- §. Kimyoviy tolalar ishlab chiqarish

Uzunligi ko'ndalang kesimidan bir necha marta katta bo'lgan moddalar *tola* deyiladi. Tolaning kundalang 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 tolasi, ipak va boshqalar kiradi. Kimyoviy tolalar sun'iy va sintetik bo'ladi. Sun'iy tolalar tabiiysini kimyoviy qayta ishlov berish bilan olinadi, (asosan sellyulozadan olinadi). Masalan, viskoza, misammiakli, atsetatli, oqsilli, algenatli (dengiz suv o'tlaridan ajratib olinadigan algin kislota asosidagi tola) va boshqa sintetik tolalar tabiiy bo'lmagan monomerlardan sintez qilib olinadi. Masalan, kapron, neylon, anid, nitron, lavsan va hokazolar.

Kimyoviy tolalarni kiyim-kechaklarda 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 xossalarining mavjudligi, ishlatish sohasiga va xohishiga qarab tolaga kerakli xossani berish imkoniyatining mavjudligi kabilardir. Masalan, 1 t. jun ishlab chiqarish uchun 400, paxta uchun 238, viskoza uchun 50 mehnat kuchi sarflanadi.

Ko'pgina kimyoviy tolalar agressiv kimyoviy reaktivlarga, nur va suv ta'siriga chidamli, chirimaydi, mikroorganizmlar ta'sir etmaydi. Ulardan keng iste'mol tovarlari tayyorlanadi. Kimyoviy tola ishlab chiqarish texnologiyasi qanday xomashyodan olinishidan qat'iy nazar 4 bosqichdan: dastlabki (xom) polimer olish , yigiruv mahsulotini tayyorlash, tolaga shakl berish, pardozlash bosqichlaridan iborat.

Dastlabki (xom) polimerning olinishi. Xomashyo tabiiy polimer bo'lsa, uni qo'shimchalardan taxminiy tozalanadi. Monomer bo'lsa, polimer sintezlanadi, smola olinadi. Bunda qanday xomashyodan foydalanishdan qat'iy 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 15 000—100 000 atrofida). Agar mol massasi bundan kichik bo'lsa, undan olingan tola mustahkam bo'lmaydi, aksincha katta bo'lsa, uning eritmasi yoki suyuqlanmasining oquvchanligi kamayib, yopishqoq bo'ladi 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.

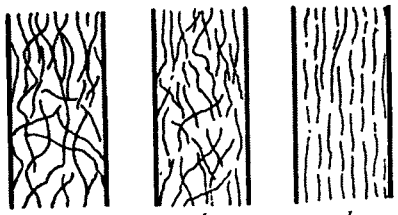
Yiguruv mahsulotlarini tayyorlash. Buning uchun polimer erituvchilarda (ishqor, spirt, atseton, dimetilformamid va boshqalar) eritilib, 7-25% li eritma tayyorlanadi yoki suyuqlantiriladi. Chunki tola faqat eritma yoki suyuqlanma holatida bo'lganida, unga shakl berilganida tola makromolekulasi uning uzunasi bo'ylab oriyentatsiyalana oladi, polimer makromolekeulasidagi ichki o'zaro ta'sir kuchlari kamayadi. 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, yiguruv mahsulotiga bo'yoqlar, oqartirgichlar va boshqa birikmalar qo'shiladi.

Tolaga shakl berish. Yiguruv mahsulotini katta bosimda fileralardan o'tkazish orqali amalga oshiriladi. Filerada (ip hosil qiluvchi kadaqsimon idish) 100 dan 600 tagacha, xatto undan ham ko'proq, diametri 0,06—0,5 mm, bo'lgan mayda teshikchalari bo'ladi, tola iplarinig 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 yasaladi.

Fileradan siqib chiqarilgan polimerning ingichka oqimi, (ipi) yiguruv mahsulotining tipiga qarab 3 xil usulda qotiriladi: 1. Ho'l yigirish usuli, bunda fileradan chiqqan ip cho'ktirish vannasiga tushadi, u yerda kaogulyatorlar bilan kimyoviy tasirga 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 sovib qotadi.

Qotgan ingichka tolalar to'plami to'xtovsiz tola qabul qiluvchi qurilmaga o'tadi va u yerda o'ruvchi moslamalar (babina, rolik, sentrifuga) yordamida ko'p martalab cho'ziladi. Cho'zish bosqichida tola makromolekulasining uzunasiga oriyentatsiyalanishi davom etadi, ya'ni tola molekulalari uzunasiga tartibli tuzilib qoladi (115- rasm), natijada molekulalararo bog'lanishning ortishi hisobiga tolaning mustahkamligi ortadi.



115- rasm. Tolaga shakl berishda chiziqli molekulalarning oriyentatsiyalanishi.
a — molekulaning tartibsiz joylashuvi; b — qisman oriyentatsiyalangan; d — oriyentatsiyalangan.

Pardozlash bosqichida tolaga turli xossalar beriladi. Agar tolaga

shakl berish uchun turli reagentlar va eritmalar qo'llanilgan bo'lsa, yaxshilab yuviladi, zarur holda oqartiriladi va bo'yaladi. To'qimachilik korxonalarda tolani qayta ishlash oson bo'lsin uchun sovun yoki moyli eritmalar bilan moylanadi, 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.

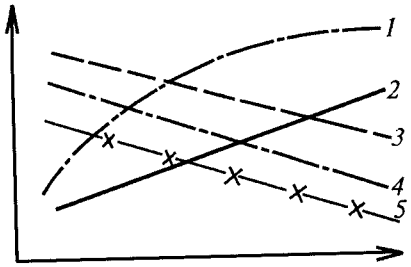
Viskoza tolasi ishlab chiqarish. Viskoza tolasini olishni 1842 yilda Ch.Kras, K.Bidllar kashf etdilar. Viskoza tolasi boshqa kimyoviy tolalar orasida eng ko'p ishlab chiqariladi (umumiy ishlab chiqariladigan tolalarning 60 % ni tashkil etadi). Yigiruv eritmasini tayyorlash uchun sulfitli sellyuloza olinib, unga 18-20 % li NaOH eritmasi bilan ishlov beriladi. Bunda sellyuloza tarkibidan qolgan gelisellyulozaning ko'p qismi yuvilib chiqadi, molekulalararo bog' ham qisman uziladi va ishqoriy sellyuloza hosil bo'ladi. Bu jarayon *merserizatsiya* deyiladi:

$$[C_6H_7O_2(OH)_3]n + nNaOH \rightarrow [C_6H_7O_2(OH)_2OH\ NaOH]n$$

Merserizatsiya 10-60 daqiqa davomida 20-50°C da olib boriladi. Ishqoriy sellyulozadan NaOH ning ortiqchasi siqib chiqariladi va maydalanadi, so'ngra 20°C da 30—50°C da qoldiriladi (taxminiy etilish jarayoni). Bu vaqt oralig'ida havo kislorodi ta'sirida sellyulozaning polimerlanish darajasi bir muncha kamayadi. Shundan keyin ishqoriy sellyuloza 2—3°C mobaynida uglerod sulfid (u sellyuloza massasining 33—38 % ni tashkil etishi kerak) bilan ishlov beriladi (sellyulozani ksantogenlash). Natijada to'q sariq rangli sellyulozaning ksantogenati hosil bo'ladi. U NaOH ning 4—7 % li eritmasida yaxshi eriydi.

$$[C_6H_7O_2(OH)_2OH \cdot NaOH]_n + CS_2 \rightarrow$$
$$\rightarrow [C_6H_9O_4OC - SNa]_n + nH_2O$$
$$\qquad\qquad\qquad\quad \|$$
$$\qquad\qquad\qquad\quad S$$

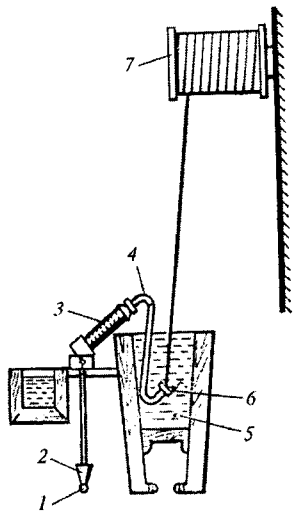
Ksantogenat viskoza apparatida aralashtirgich yordamida (1 daqiqada 900—1000 marta aylanadi) eritiladi. Natijada 6—9 % sellyuloza



116- rasm. Ksantogenlanish davomiyligining ksantogenat tarkibi va xossalariga ta'siri.

va 7 % NaOH eritmasidan iborat suvli eritma hosil qilinadi. Olinadigan viskozaning sifati yetilish jarayonining davomiyligiga hamda haroratga bog'liq bo'ladi (116- rasm). Sellyuloza 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 (117- rasm).

Yiguruv 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 Zn SO_4 dan iborat. Cho'ktirish vannasida (5) quyidagi jarayonlar boradi: elektrolit tasirida viskozaning kaogullanishi, kislota tasirida sellyuloza santogenatining parchalanishi, turli oltingugurtli birikmalarning H_2S va CS_2 hosil qilib yemirilishi va boshqalar:



117- 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 — filera; 7 — bobina (zo'g'ata).

$$[C_6H_9O_4OCS\text{-}SNa]_n + nH_2SO_4 \rightarrow$$
$$\rightarrow [C_6H_{10}O_5]_n + nCS_2 + nNaHSO_4$$

Eritma to'xtovsiz regeneratsiyaga yuborib turiladi, regeneratsiyalangach, yana vannaga qaytariladi. Regeneratsiyalangan sellyuloza tolasi yig'ilib, bir tutam qilib babinaga (ip zugotaga 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/daq.

Tolani sayqallash. Tola tarkibidan oltingugurtni 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 ga va organik erituvchilarda chidamli. Ho'l holda bo'lganda uning mustahkamligi 40—50 % kamayadi. Viskozadan ipak, shtapel, kord va sun'iy qorako'l olinadi.

Asetat tolasi olish uchun xomashyo sifatida asosan paxta chigitidan tola ajratib olingach, chigitda oladigan tuklar ishlatiladi, bunda sellyuloza sirka angidridi bilan asetillanadi. Reaksiya sulfat kislota katalizator ishtirokida boradi va triatsetilsellyuloza olinadi:

$$[C_6H_7O_2(OH)_3]_n + 3n(CH_3CO)_2O \rightarrow$$

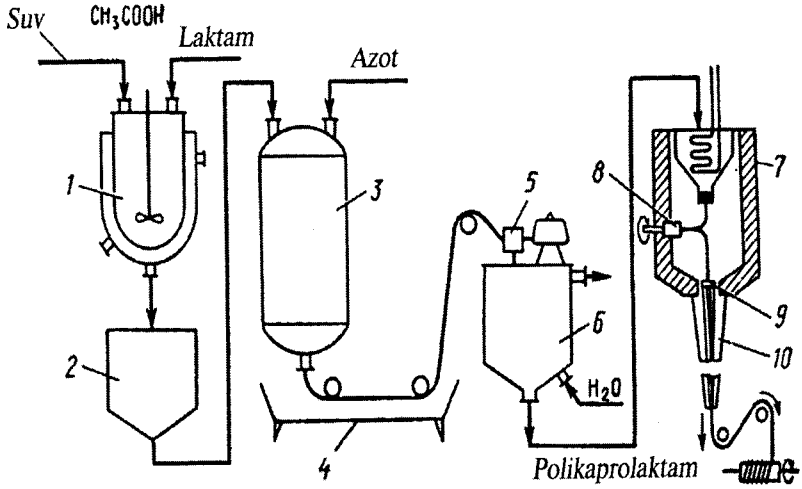
$$\rightarrow [C_6H_7O_2(OCOCH_3)_3]_n + 3nCH_3COOH$$

Triatsetilselluloza

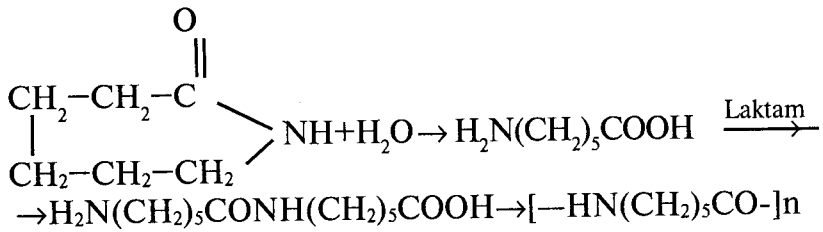
Hosil bo'lgan triatsetilselluloza atsetonda yoki dixlormetan bilan etil spirtining 90:10 nisbatdagi aralashmasida eritilib fileralardan o'tkaziladi.

Kapron tolasi ishlab chiqarish. Kapron sintetik tola hisoblanadi. U kaprolaktamdan olinadi. Polikaprolaktam kaprolaktamni avtoklav usulida pagonali polimerlash orqali olinadi (118- rasm). Kaprolaktam emallangan qozonda (1) aralashtirgich yordamida, 70—75°C gacha suv bilan qizdirib turib suyuqlantiriladi. Suyuqlanma yumshatilgan suv bilan aralashtiriladi (laktan massasining 10—15 % gacha), suv aktivlovchi rol o'ynaydi. So'ngra sirka kislota (1 % li) qo'shiladi. Kislota polimerning molekular massasini boshqarib, to'g'rilab turish uchun qo'shiladi. Eritma filtrdan (2) o'tkazilib po'lat avtoklavga (3) yuboriladi. U yerda polimerlanish jarayoni ketadi. Polimerlanish 1,5 MPa bosimda, 250°C da toza azot atmosferasida olib boriladi. Bunday sharoitda suv tasirida laktan holqa buziladi va aminokapron kislota

hosil bo'ladi. So'ngra u kaprolaktan bilan birikib dimer, trimer va hokazo polimerlanish darajasi 150—200 hosil bo'lguncha reaksiya davom etadi.



118- rasm. Avtoklav usulida polikaprolaktam ishlab chiqarish sxemasi. 1 — kaprolaktamni eritish apparati; 2 — filtr; 3 — avtoklav; 4 — suvli sovutgich vannasi; 5 — maydalagich; 6 — ekstraktor; 7 — suyuqlantirgich; 8 — nasos; 9 — filera; 10 — shaxta.



Polikaprolaktam avtoklavdan azot bilan siqilib suvli vannaga tushadi va qattiq lentasimon ko'rinishda qotadi, so'ngra kesuvchi mashina (5) bilan 7—6 mm kattalikda kesib bo'laklanadi va ekstraktor (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 yiguruv

mashinasining suyuqlantirgichi (7) da 260—270°C da suyuqlantiriladi. Suyuqlanma dozalovchi nasos (8) yordamida 3—6 MPa bosimda filtr orqali filera (9) ga 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/daqiqagacha 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 chidam-ligi, egiluvchanligi, uzilishga o'ta mustahkamligi, chirimasligi, gigroskopligining kam bo'lishi bilan ajralib turadi.

Nitron tolasi ishlab chiqarish. Nitron tolasi ishlab chiqarish uchta texnologik sexni: polimerlash, erituvchini regeneratsiyalash, yigiruv-pardozlash sexlarini o'z ichiga oladi. Polimerlash sexida yigiruv eritmasi olinadi. Uni akrilo-nitril, metilakrilat va itakon kislotasini natriy rodanid eritmasida sopolimerlash usuli bilan hosil qilinadi. Polimerlash sexi tarkibiga: aralashtirish, polimerlash, demonomerlash, filtrlash, jilosizlash (yaltiramaydigan qilish), deaeratsiyalash bo'limlari kiradi.

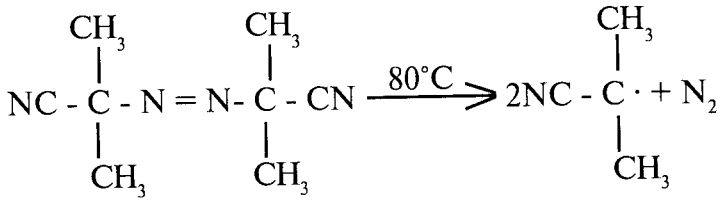
Polimerlash sexining qurilmalari har birining mahsuldorligi tayyor tolaga hisoblaganda 50 t/sutka, yigiruv eritmasiga nisbatan hisoblaganda esa 400 t/sutkaga teng bo'lgan ikkita texnologik liniyaga bo'lingan. Yiguruv eritmasi texnologik liniyalarning har birida alohida-alohida mustaqil to'xtovsiz hosil qilinib turiladi.

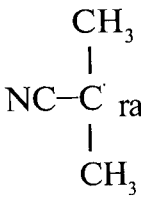
Nitron tolasi ishlab chiqarishning nazariy asoslari. Polimerlash sexida polimer hosil qilish jarayoni suvli muhitda sopolimerlash usuli bilan amalga oshiriladi. Bunda natriy rodanidning suvdagi eritmasida (erituvchida) akrilonitril, metilakrilat va itakon kislotalarining aralashmalari tezlatuvchi va turg'unlovchilar ishtirokida sopolimerlanadilar. Sopolimerlar havosizlantiriladi, filtrlanadi va tiniq yaltiroq yigiruv eritmaga aylantiriladi.

Akrilonitril metilakrilat va natriy itokonatlarning polimerlanishi, massa ulushi 51,5 % bo'lgan natriy rodanidning suvdagi eritmasida

olib boriladi. Rodanid eritmasi ham monomerlarni, ham hosil qilingan polimerlarning erituvchisi hisoblanadi.

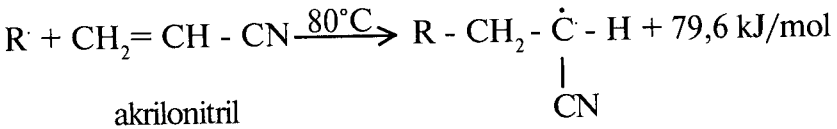
Polimerning hosil bo'lish mexanizmi radikal tabiatga ega bo'lib, bir necha bosqichlardan iboratdir: a) tezlatuvchi — initsiatorning (parofor) parchalanishidan erkin radikallarning hosil bo'lishi:





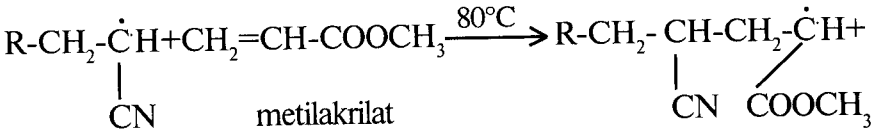
radikalini R bilan belgilaymiz.

b) radikalning monomerga birikib, ikkilamchi radikalga aylanishi:



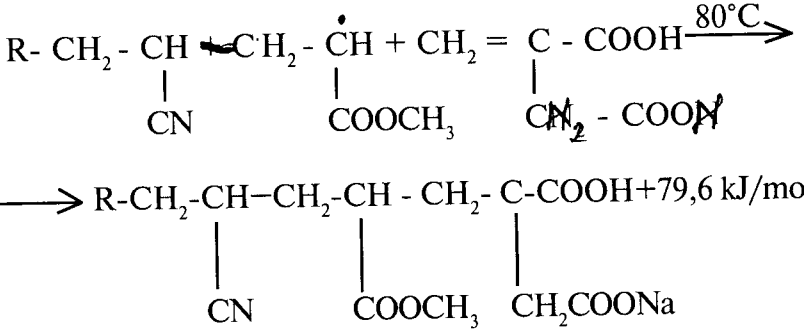
akrilonitril

d) zanjirning o'sishi

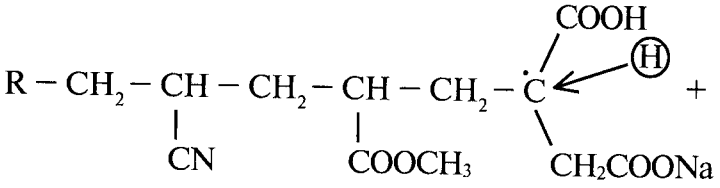


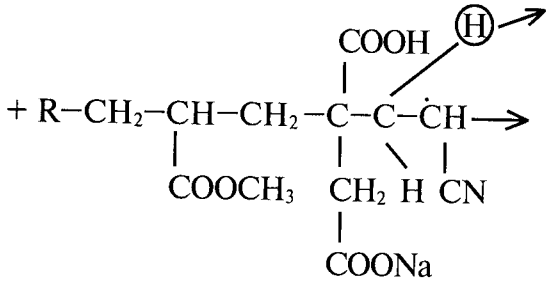
metilakrilat

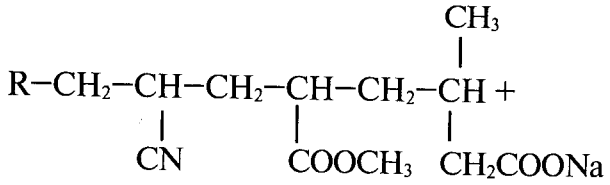
79,6 kj/mol

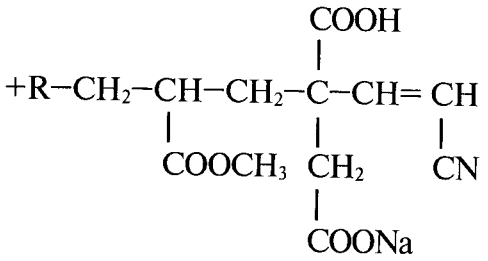


e) disproporsiyalanish — vodorod atomining bir makroradikaldan ikkinchi makroradikalga ko'chib o'tishi:

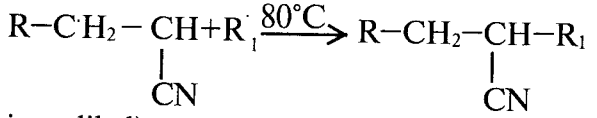






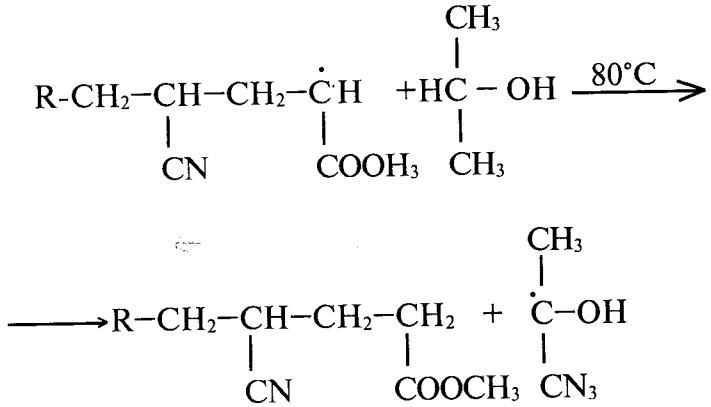


f) tezlatuvchi (initsiator) ning erkin radikali makroradikalga birikib molekula hosil qilishi:

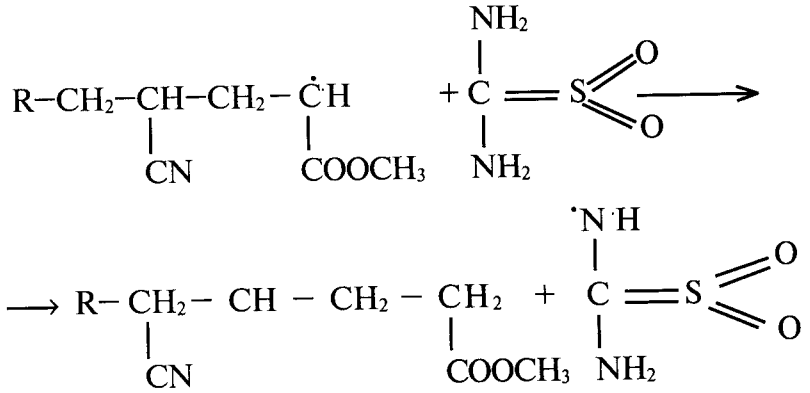


(R· – erkin radikal)

g) aktiv markazning ko‘chib o‘tishi — molekular massani to‘g‘rilovchisidan (regulyator) vodorod atomining makro molekulaga ko‘chib o‘tishi va makromolekulaning hosil bo‘lishi:



h) turg‘unlashtiruvchi ta’sirida zanjirning uzilishi bosqichlardan iborat bo‘ladi:



Polimerning hosil bo‘lish tezligi molekular massasi, aktivlanish tezligi, o‘sish va zanjirning uzilish tezliklari aktivlashtiruvchi va monomer konsentratsiyasiga bog‘liq bo‘ladi.

Sopolimerlanish jarayonida monomerlarning konversiya darajasi 50—60 % bo‘ladi. Sopolimerlanish jarayoni va tola xossasiga quyidagi texnologik parametrlar ta’sir etadi:

1. 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 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. Reaksion aralashmada izopropil spirtining molekular massasini kamaytiradi (U polimer zanjir ko'chiruvchisidir).

6. Natriy rodanidining massa ulushi. Natriy rodanidning massa ulushini optimal konsentratsiyasidan (51,5—5 %) kamaytirish yoki kamaytirish polimerning eruvchanligini kamaytirib, yigiruv eritmasining yopishqoqligini oshiradi. Bundan tashqari rodanidning massa ulushingi kamaytirish polimerlanish reaksiyasi tezligini va polimerning molekular massasini kamaytiradi, gel hosil bo'lishini esa ko'paytiradi. Gelning ko'payishi pressfiltr va issiq almashtirgichlarning 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.

Suvda eriydigan holatga o'tkazish uchun itakon kislotasini natriy gidroksidi bilan ta'sir ettirib, natriy itakonat tuzi hosil qilinadi. Bu jarayon bir zavodining o'zida amalga oshiriladi. Natriy itakonat mikroorganizmlar uchun ozuqa muhit hisoblanadi.

Zavod ko'rilishlarining ichi mikroorganizmlar bilan ifloslanib, tiqilib qolmasligi uchun unga ozgina sterlizator mikroorganizmlardan tozalovchi sifatida akrilonitril quyiladi.

Suspenzator (suspenziya hosil qiluvchi apparat, 5) ga (119-rasm) 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 suspenziyasi hosil qilinadi. Suspenziya reagentlarni aralashtiruvchi apparatga aralashtirgich (6) o'tadi. Aralashtirgichga (7,8,9) baklardan akrilonitril, metilakrilat va izopropil spirti (10) filtrlar orqali o'zi oqib tushadi.

Suyuq komponentlar (tarkibiy qismlar) sari markaziy boshqarish pultida (MBP) avtomatik ravishda boshqarilib turiladi.

Aralashtirgichga (6) rN ni turg'un saqlash uchun 22 % li natriy gidrooksid eritmasini to'g'rilovchi klapan (klapan — suv, havo yoki bug' yo'lini ochib- berkitib turadigan qopqoq) orqali solib turish ham mo'ljallangan.

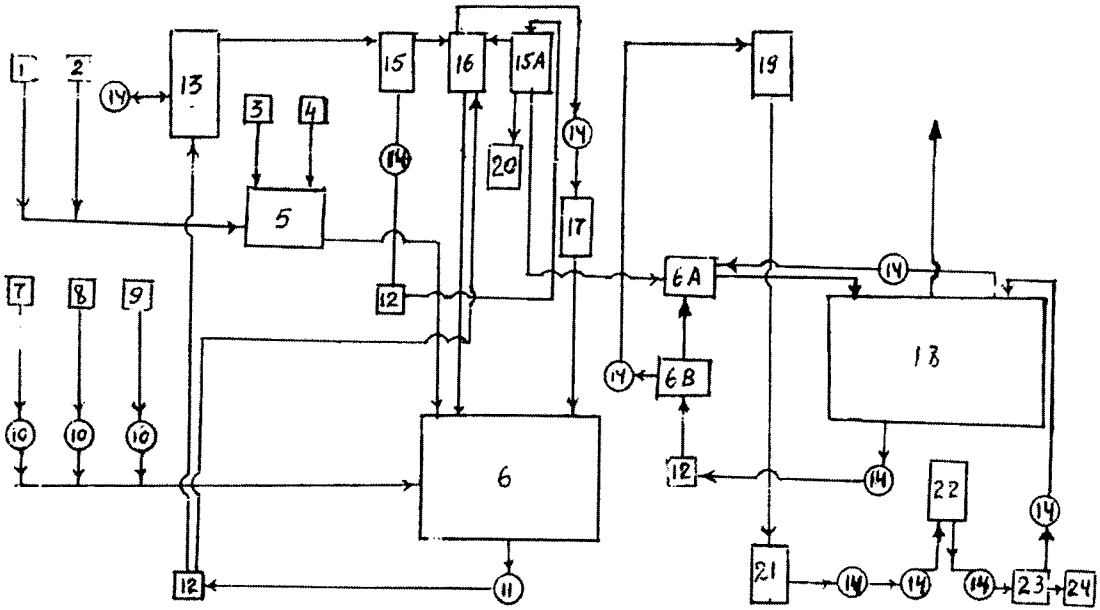
Reaksion aralashma yuqorida aytilgan reagentalaridan: toza monomerlar, erituvchi, porofor, tiomochevina (IV) oksidlari, aylanma monomerlardan hosil qilinadi.

Reagentlarni aralashtiruvchi apparat silindirsimon bo'lib, ichida aralashtirgich o'rnatilgan bo'ladi. Aralashtirish jarayoni aylantiruvchi nasos orqali ham amalga oshiriladi.

Reaksion aralashma-reagentlar aralashtirgichdan markazdan qochma kuch hosil qiluvchi nasos yordamida issiq almashtirgich orqali o'tib, reaktorning ostki qismiga kiradi. Reaksion aralashmaning sarfi MBP orqali tekshirib va to'g'rilab turiladi.

Reaktor silindirsimon apparat bo'lib, hajmi 9,7 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'rtacha 80°C da boradi. Reaksion aralashma polimerga aylanguncha 1,7—2,4 soat reaktor ichida bo'ladi. polimerlanish reaksion izotermik bo'lganligidan, reaksiya issiqlik ajralib chiqishi bilan boradi. Reaksiya issiqligi bilan aralashtirgichning aylanishi natijasida ajralib chiqadigan issiqlik miqdorlari taxminan 80°C atrofida bo'ladi.



119- rasm. Nitron ishlab chiqarish sxemasi.

1 — Natriy rodonit eritmasini saqlovchi bosimli bak: 2 — natriy itokanat eritmasini saqlovchi bosimli bak: 3 — tiomochevina (IV) — oksidini saqlovchi dozalagich; 4 — parafor saqlovchi dozalagich; 5 — suspenziya hosil qiluvchi bak: 6, 6A-aralashtirgichlar; 7 — akrilonitril saqlovchi bak; 8 — metilakrilat saqlovchi bak; 9 — izopropil spirti saqlovchi bak; 10 — filtrlar; 11 — aylantiruvchi nasos; 12 — issiqlik almashgich; 13 — reaktor; 14 — vakuum nasos; 15,15A — demonomerizatorlar; 16 — kondensator; 17 — bak; 18 — yigiruv eritmasini aralashtiruvchi bak; 19 — deaerator; 20 — nostandart yigiruv eritmasi saqlovchi bak; 21 — gidrozatvorli bak (yig'gich); 22 — ko'p pog'onali aralashtirgich; 23 — filtr-press; 24 — yigiruv mashinasi.

Demak, reaksiyaning optimal bo'lishi tashqaridan issiqlik berolmasa ham davom etadi. Reaktor ichidagi haroratni to'g'rilab turish (texnologik jarayonlarning buzilishidan, ba'zan reaktor ichidagi harorat pasayishi yoki ortib ketishi mumkin) reaktorga kelib kiruvchi reaksion aralashmaning haroratini plastinkali ikki bo'lmali issiq almashtirgich yordamida o'zgartirish amalga oshiriladi.

Reaktordagi yigiruv eritmasining haroratini juda aniq optimal holda saqlash uchun quyidagi parametrlarning: aralashmani reaktorga tushib turish tezligi, reaksion aralashmaning tarkibini, haroratini 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 % monomer ushlovchi yigiruv eritmasi reaktor monomerlarining 50—60 % konversiyaga uchraydi, ya'ni polimerga aylanadi. Reaktorning yuqori qismidan vakuumda ishlovchi ketmaket ikkita demonomerizatorlarga (15) kelib undan reaksiyaga kirishmay qolgan monomerlar vakuumda bog'lanib ajralib chiqadi. Natijada yigiruv eritmasi tozalanadi. Ajralib chiqqan monomerlar kondensatorga (16) borib kondensatlanadi. Demonomerlash ikki pog'onada olib boriladi.

Demonomerizatordagi vakuum maxsus nasos (14) yordamida hamda monomerlarni kondensatorda kondensatlanishi natijasida hosil qilinadi. Kondensator, reagentlar aralashtirgichida (6) issiq aralashtirgich (12) orqali o'tib, aylanma nasos (11) yordamida kondensatorga keluvchi sovuq reaksion aralashmasi bilan sovitilib turiladi (u etanol aralashmasi bo'lib, 10+20°C gacha sovitiladi). Harorati MBP da avtomatik ravishda boshqarilib turiladi. Demonomerizatorlar bir xil konstruksiyali bo'lib, silindirsimon apparatlardir. Ichida 5 ta konus o'rnatilgan. Konuslar yigiruv eritmasining bir xilda taqsim etilishi va unda monomerlarning eng ko'p ajralishini taminlaydi. Kondensatlangan monomerlar va izopropil spirti kondensatordan (16) aylanuvchi reaksion 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 tuzsizlantirilgan suv bilan to'ldirilgan bo'lib, suv nasoslar yordamida aylantirib turiladi. Vakuum nasosining normal ishlashi

uchun bakdagi suv gilofga keluvchi etanolli aralashma bilan 5—10°C gacha sovitiladi. Vakuum nasos ishlab turgan paytda bakning sathini bir xilda saqlash uchun rotametr orqali unga tuzsizlantirilgan suv berib turiladi, u suv monomerlar bilan aralashtirgichga (6) qo'yiladi.

Demonomerizatsiya sistemasida barqaror reja (tartib) va yetarli vakuum bo'lganda nasos to'xtatib qo'yiladi. Vakuum faqat sovitilgan reaksion aralashma bilan monomerlarining kondensatlanishi hisobiga hosil qilib turiladi.

Demonomerizatorlar 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 surib oladi va shu nasoslar yordamida plastinkali issiq almashtirgich orqali ikkinchi pog'onali demonomerlanish uchun demonomerizatorga (15 A) ga yuboriladi.

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 qizdiriladi.

Yigiruv eritmasi ikki pog'onali demonomerlanishdan o'tgach, filtrlash bo'limiga aralashtirish apparatiga o'tkaziladi. Demonomerizatorlarda yigiruv eritmasining sathi (60 %) avtomatik ravishda ushlab turiladi.

Yigiruv eritmasini standart (mezon) holga yaqinlashtirish. Aralashtirish sistemasi: ikkita to'g'ri chiziqsimon aralashtirgich (6 A va 6 B) aralashtirish apparati bak plastinkasini issiq almashtirgich va aylanma nasoslaridan (14 A) tashkil topgan.

Aralashtirish apparati 213 m^3 sig'imli to'g'ri burchakli idish bo'lib, ichiga uni 7 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 chiziqli aralashtirgich (6 A) orqali aralashtirish apparatining birinchi

bo'limiga keladi, oxirgi yettinchi bo'limiga esa eritma nasos bilan aralashtirgichga (6 A) uzatiladi, u yerda toza yigiruv eritmasi bilan aralashadi. Har bir bo'limdan yigiruv eritmasi nasos bilan issiq almashtirgich orqali aralashtirgichga (6 B) uzatiladi.

Issiq almashtirgichdan o'tgan yigiruv eritmasining harorati 25—35°C atrofida bo'ladi. Eritmaning bir qismi aralashtirgichdan (6 B) nasos bilan deaeratorga olib beriladi, qolgan qismi esa yigiruv eritmasining yangi toza qismi bilan aralashtirish uchun, aralashtirgichga (6 A) tushadi. Nostandart yigiruv eritmasi demonomerlash qurilmasidan saqlash bakiga olinadi, undan oz-ozdan apparatga uzatiladi.

Yigiruv eritmasini havosizlantirish. Standart holda yaqinlashtirilgan yigiruv eritmasi tarkibida hali oz miqdorda havo va azot saqlaydi (azot poroforning parchalanishida hosil bo'lib yigiruv eritmasida qoldiq sifatida bo'ladi), ular tolaga shakl berish bosqichida tolaning uzilishiga sabab bo'ladi. Shuning uchun ham yigiruv eritmasi deaeratorga havosizlantiriladi. Deaerator silindirsimon apparat bo'lib, ichidagi beshta konus shunday o'rnatilganki, eritma ularning har biridan oqib o'tganda tekis taqsimlanadi. Konuslar yuzasidan eritma yupqa qavatli oqimi bilan oqadi va vakuum ostida eritmadagi havo pufakchalari ajralib chiqadi (bosim 0,007 MPa).

Deaeratorda vakuum 4 pog'onali vakuum nasos yordamida hosil qilinadi.

Havosizlantirilgan yigiruv eritmasi deaeratordan barometrik quvur orqali yig'gichga gidrozatvorli bakka quyiladi. Uning sathi avtomatik boshqariladi. Havosizlantrilgan yigiruv eritmasi yig'gichdan nasos bilan nasoslar kollektoriga uzatiladi.

Yigiruv eritmasini jilosizlash. Tolani jilosizlash - yaltiroqligini yo'qotish uchun eritmaga titan (IV) oksidi qo'shiladi. Tolaning oqarishini ta'minlash uchun unga maxsus optik oqartirgich qo'yiladi.

Titan (IV) oksidi va optik oqartirgich maydalanib, xamirsimon holatga keltiriladi va aralashtirgich orqali yigiruv eritmasiga qo'shiladi. Yigiruv eritmasiga pigment pastasini kiritish suyultirilgan optik oqartirgich pastasi va titan (IV) oksidi pastasi kerakli nisbatda ko'p pog'onali almashtirgichda yigiruv eritmasi bilan aralashtiriladi (Ko'p pog'onali aralashtirgich tik silindirsimon idish bo'lib, to'siqlar orqali

bir necha bo'limlarga bo'lingan, ichida ko'p yarusli aralashtirgich o'rnatilgan).

Yaltiroq yigiruv eritmasi va pigment pasta aralashtirgichning tubiga kelib tushadi va gorizontal holda o'rnatilgan to'siqning teshiklaridan aralashtirgichning bir pog'onasidan boshqa pog'onalariga o'tib turadi. Aralashtirgichga yigiruv eritmasi, titan pastasi va optik oqartirgichlar qo'shiladi. Aralashtirib tayyorlangan pigmentlangan yigiruv eritmasi nasos bilan filtrlashga yuboriladi.

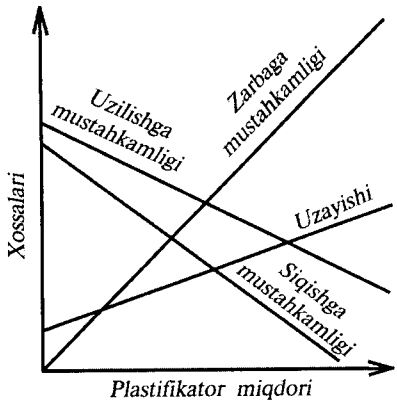
Yigiruv eritmasini filtrlash. Yigiruv eritmasida oz miqdorda gel va mexanik aralashmalar bo'ladi. Ular eritma yigirilayotganda fileraning teshikchalariga tiqilib qoladi va ifloslantiradi. Hamda hosil bo'layotgan tolalar uziladi. Shuning uchun ham yigiruv eritmasi filtrlanadi. Eritmani filtrlash ramali filtr-press da amalga oshiriladi. Nasoslar (14) yigiruv eritmasini filtr-press 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 apparatga keladi. Filtr - pressdan oqib ostiga tushgan yigiruv eritmasi vakuum hosil qiluvchi nasos yordamida maxsus bakka tushadi va undan yana apparatga o'tadi. Yigiruv eritmasi fileralardan o'tkazilib, tola olinadi (tola ho'l usulda cho'ktirish vannasida hosil qilinadi.) Nitron tolasi jun o'rnida keng sohalarda ishlatiladi, undan gilamlar, poyondozlar kiyim-kechaklar va hokazolar tayyorlanadi.

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 guruhga bo'lish mumkin: 1) Polimerlanish orqali olingan polimer asosidagi plastmassalar (polietilen va uning hosilalari, polistirol va boshqalar asosida olinganlari); 2) Polikondensatlanish polimerlari asosida plastmassalar (fenolformaldegidli, aminoformaldegidli, kremniy

organik poliefir va boshqa smolalar); 3) Tabiiy polimerlarni kimyoviy o'zgartirib olingan polimerlardan tayyorlangan plastmassalar (sellyulozaning oddiy va murakkab efirlari); 4) Tabiiy va neft asfaltlari, organik birikmalarining destruksiya mahsulotlari asosida olinadigan plastmassalar. Platmassalar tarkibiga qarab to'ldirgichsiz qo'shimchalari juda kam bo'lgan amalda asosan polimerdan tashkil topgan plastmassalar va to'ldirgichli, polimerdan tashqari to'ldirgichlari, plastifikatorlari, bo'yoqlari stabilizatorlari (turg'unlagich) qotirgichlari va boshqa qo'shimchalari bo'lgan plastmassalar.



120- rasm. Tarkibidagi plastifikator miqdoriga qarab polimer mexanik xossalarining o'zgarishi.

Toldirgichlar 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 kipiklari va turli materiallaning qiyqimlari) polotno ko'rinishida (qog'oz, tekstil va shisha gazlamalari) bo'lishi mumkin. Plastifikatorlar suyuq, kam uchuvchan organik moddalar bo'lib, buyumga shakl berishni osonlashtiradi va plastmassa xossalarini ijobiy tomonga o'zgartiradi. 120- rasmda polimerning mexanik xossalarini (plastifikatorning miqdoriga) grafik bog'liqligi ko'rsatilgan. Plastifikator miqdori ortishi bilan molekulalararo o'zaro tasirning kamayishi tufayli plastmassaning mustahkamligi chizilish va siqilishga nisbatan kamayadi, ammo zarbga nisbatan ortadi. Plastifikator sifatida alkilftalatlar, trikrezilfosfat, kastor moyi, sebatsin 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 tasiriga chidamli, suvda erimaydigan, buyumga shakl berish va undan foydalanish davrida ham rangini yo'qotmaydigan bo'lishi kerak.

Qotirgichlar, chiziqli makromolekulalarni biriktirib («tikib») uch o'lchamli polimer strukturasini 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 – fungisid 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, elektroizolyator xossasi borligidan elektro, radiotexnikada, mikroelektronikada, issiqlik va tovushni yomon o'tkazganligidan sovitgichlar 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, eskiradi (tashqi ko'rinishi va mexanik xossalari yomonlashadi).

Polikondensatlanish polimerlari va ular asosida olinadigan plastmassalar.

Polikondensatlanish polimerlari (smolasi) ishlab chiqarishda: fenolaldegidli, aminoaldegidli poliefirli, poliamidli va boshqa xillari ko'p ishlatildai. Ularning bazilari termoplastik bo'lsa, ba'zilari termoreaktivdir. Harorat ko'tarilishi bilan ularning fizik-kimyoviy xossalari, polimerlanish smolalariga nisbatan kam o'zgaradi.

Aldegidli smolalar olish uchun: fenollar, krezollar, ksilenollar, anilin, melanin, mochevina, tiamochevina va aldegidlardan (formaldegid, asetaldegid, furfurol) foydalaniladi. Poliefir smolalar, glitserin va ikki asosli kislotalar ftal, fumar va adipin kislotalaridan tayyorlanadi. Epoksid smolalari uchun epixlorgidrin va difenilopropanlar xomashyo hisoblanadi. Kremniy organik polimerla dixlor yoki trixlorsilanlar va tegishli efirlardan sintezlanadi. Ushbu xomashyolarning qariyb barchasini neftkimyo kombinatlari yetkazib beradi.

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.

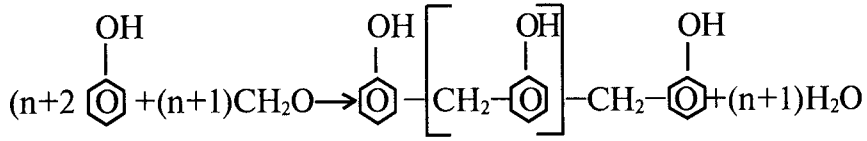
Fenolning formaldegid bilan reaksiyasi tipik suyuq fazali gomogen katalitik jarayondir. Reaksiya davomida oraliq mahsulotlar hosil bo'ladi.

Foydalaniladigan katalizatorga qarab ikki tipdagi termoplastik va termoreaktiv smolalar olinadi.

Termoplastik (novolak) smolalar fenol miqdori ortiqcha (6 mol CH_2O ga 7 mol C_6H_5OH) olinganda hamda kislotali katalizatorlardan (odatda xlorid kislotasidan) foydalanilganda hosil bo'ladi. Kislota formaldegidni protonlash va karbonil, uglerodida elektron zichligining ortishi hisobiga katalizlaydi:

$$CH_2O + H^+ \rightarrow H_2C = \overset{+}{O}H$$

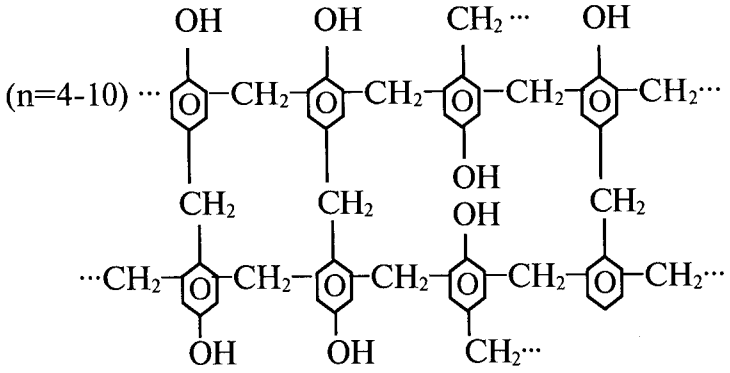
Kislotali kataliz, asosan, o - oksimetil hosil bo'lishiga olib keladi, so'ngra uning polikondensatlanishdan chiziqli struktura hosil bo'ladi:



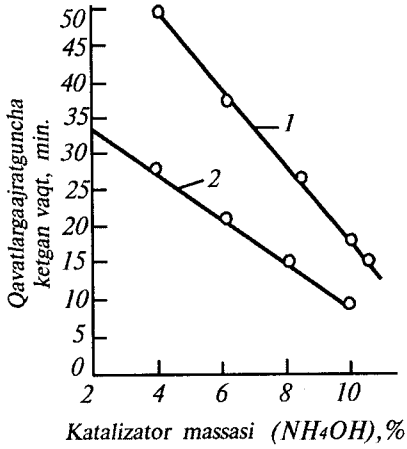
(n=4-8)

Termoreaktiv yoki rezol smolalar, aksincha ortiqcha farmaldegid (6 mol C_6H_5OH ga 7 mol CH_2O) olinganda hamda ishqoriy katalizator ishtirokida (NH_4OH,NaOH) hosil bo'ladi. Ishqor fenolni aktiv fenolyat ioniga aylantirish yo'li bilan reaksiyani katalizlaydi,

qaysiki, u formaldegid bilan o'zaro ta'sirlashib o- va n- oksimetilfenollar va o-, n- di oksimetilfenollarga aylanadi. Bular esa qizdirilganda uch o'lchamli strukturaga aylanadi.

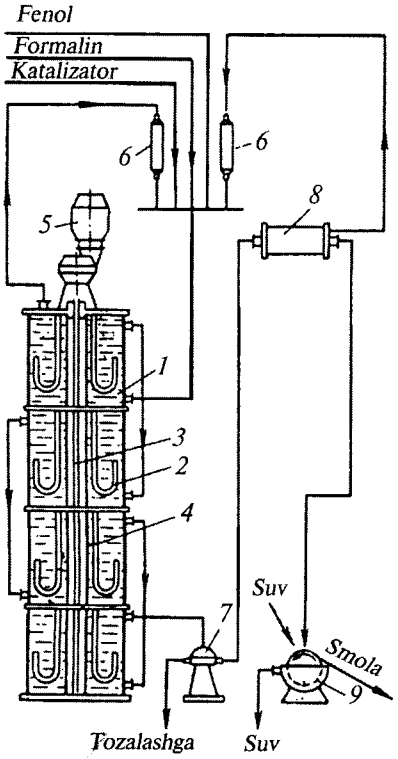


Reaksiyaning yo'nalishi va kinetikasini belgilovchi asosiy omillar: harorat, vaqt, katalizator tabiati va uning konsentratsiyasi. Polikondensatlanish tezligi dastlabki reaksion aralashmada katalizator va formaldegid miqdorini oshirish bilan ortadi (121- rasm). Fenol molar massasining formaldegid massasiga 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.



121- rasm. Fenolning formaldegid bilan kondensatsiyalanish reaksiyasi tezligining katalizator konsentratsiyasiga bog'liqligi.
1 — 35,6%formaldegid;
2 — 33,2% formaldegid.

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:



122- rasm. Uzluksiz usulda novolak smolasini ishlab chiqarish sxemasi.
1 — reaktor-aralashtirgish kolonnasi; 2 — aralashtirgich; 3 — umumiy o'q; 4 — kalta quvurcha; 5 — reduktorli dvigatel; 6 — sovutgichlar; 7 — separator; 8 — quritish apparati; 9 — sovutuvchi baraban.

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. 122- rasmda novolak smolasini olish qurilmasining uzluksiz usuli sxemasi tasvirlangan. Barcha dastlabki moddalar 95-98°C gacha taxminiy qizdirilib, reaktor kalonasining (2) birinchi bo'lmasiga uzluksiz tushib turadi.

Reaksion aralashma yuqoridagi shtuser (sirti rezbali kalta quvurcha va quyuvchi quvurlar orqali ketma-ket barcha seksiyalarga qo'yiladi. Har bir seksiya yakor tipidagi aralashtirgich (2) bilan ta'minlangan bo'lib, to'liq aralashtirgich rejimida ishlaydi. Aralashtirgichlar umumiy o'qqa mahkamlangan va umumiy dvigatel (5) bilan aylanadi. Dastlabki komponentlardan uchib chiqqan bug'lar sovitgichda kondensatlanib (6), kolonnaning birinchi seksiyasiga qaytariladi. Reaktorning ostki seksiyasidan olingan massa uzluksiz separatorga (7) tushadi, smola smola usti suyuqligidan ajralib quritish apparatiga jo'natiladi, u yerdan sovituvchi barabanga va undan transporterga o'tadi. Sovitilgan smola kompozitsiyasi tayyorlash sexiga boradi.

Fenolformaldegid smolasidan quyidagi shakllarda fenoplastlar olinadi: 1) quyma rezitlar (to'ldirgichsiz), 2) presslanuvchi materiallar (to'ldirgichlari kukunsimon yoki tolasimon), 3) yopishti-

ruvchi komponentlar (qavat-qavat shaklidagi plasmassalar uchun), 4) elimlar, laklar (metall va yog'och yuzasini qoplash uchun), 5) peroplastlar (g'ovak plastmassalar va boshqalar).

Presslanuvchi materiallar — presskukun ayniqsa, keng sohalarda ishlatiladi. Qattiq smola yaxshilab maydalanib, unga to'ldirgichlar (yog'och qipigi, kaolin, talk, slyuda, grafit, kvars, asbest, shisha tolasi va hakozolar) va qotirgich (urotropin), bo'yoq va pigmentlar qo'shib aralashtiriladi. Presskukun tarkibida 40-50 % smola bo'ladi. Presskukun 160-180°C da 60 MPa bosimli gidrovlik press yordamida presslanib, turli mahsulotlar: rozetka, dasta-tutqichlar, elektr asboblari, turli mexanizmlar uchun ushlagich, g'iloflar, radio, teleqismlar 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, adsorbberlar, kranlar, turli sig'imli idishlar va hokazolaor) tayyorlanadi.

Polimerlanish smolalari va ular asosidagi plastmassalar. Polimerlanish reaksiyasi asosida olingan smolalarga (polimerlarga): polietilen, polistirol, polipropilen, polivinilxlorid, politetraftoretilen, poliakrilatlar, polivinilasetat va boshqalar kiradi. Bu smola asosida olinadigan plastmassalar termoplastik tarkibida to'ldirgich miqdori kam, yaxshi dielektrik xossasiga ega, agressiv muhitga chidam-li, turli usullar bilan (presslash, quyish, ekstruziya, puflash, vakuumda shakl berish, qoliplash (shtamplash), ko'pirtirish, payvandlash, mexanik ishlov berish) shakl berish mumkin bo'ladi. Uning nuqsonli shaklllari (brak) va chiqindilari qayta ishlanib, yana buyumga aylantiriladi. Bu sinf plastmassalarining kamchiligi bular tashqi kuch tasirida yoyiluvchan bo'lishi, haroratga chidamsizligi, tez eskirishi va hokazo.

Polietilen ishlab chiqarish 1942- yildan boshlandi, uni 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 zanjirning tez uzilib polimer molekular massasining kichik bo'lishiga olib keladi.

Sanoatda polietilen uch xil usul bilan ishlab chiqariladi:

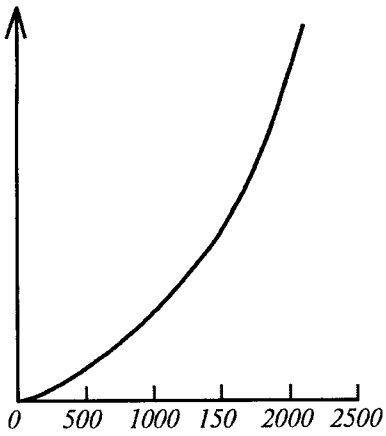
1. Yuqori bosimda (135-25 MPa bosimda, 200-270°C da 0,008 % kislorod ishtirokida);

2. O'rtacha bosimda (3,5-4 MPa, 130-170°C da, xrom va vanadiy oksidlari katalizator ishtirokida eritiladi);

3. Past bosimda (0,5-0,8 MPa, 70-80°C da kompleks katalizatorlar - $Al(C_2H_5)_3 + TiCl_4$ ishtirokida, uglerodli muhitda).

Keyingi ikki usulda olingan polietilen qat'iy chiziqli tuzilishga ega bo'ladi. Molekular massasi 140 000. Yuqori bosimli usulda olingani esa tarmoqlangan tuzilishli bo'lib, mol massasi 450 000 atrofida bo'ladi. Yuqori bosimda polietilenning polimerlanishi radikalnging mexanizmida issiqlik ajralishi bilan boradi:

$$nCH_2=CH_2 \rightarrow [-CH_2-CH_2-]_n + 3650 \text{ kJ/kg}.$$



123- rasm. Etilenning polimerlanish tezligiga bosimning ta'siri.

Polimerllanish tezligi, etilenning tozalagi, initsiator miqdori, harorat va bosimga bog'liq. Bosim ortishi bilan reaksiya tezligi (123- rasm) va mahsulot unumi ortadi.

Etilenning polimerlanishi past bosimda 50 m^3 hajmi li reaktorda olib boriladi. Reaktorga uzluksiz Sigler — Natta ($Al(C_2H_5)_3 + TiCl_4$) katalizatorning past harorati qaynovchi (75—95°C) benzindagi suspenziyasi va 94,8 % etilen tushib turadi. Hosil bo'lgan polietilen cho'kadi, bu erituvchilardan separatorda ajratiladi. Reaksiyaga kirishmagan etilen va erituvchi tozalanadi, reaktolrga qaytariladi. Qurilmaning mahsuldorligi 25 ming t/yil, unumi 95-98 %, 1 tonna polietilenga 4,8 kg $TiCl_4$ va 2,4 kg $Al(C_2H_5)_3$ sarflanadi. $Al(C_2H_5)_3$ ni regeneratsiyalab bo'lmaydi. Bu usulda olingan polietilen fizik-kimyoviy xossalari bilan yuqori bosimda olinganligidan ustun turadi.

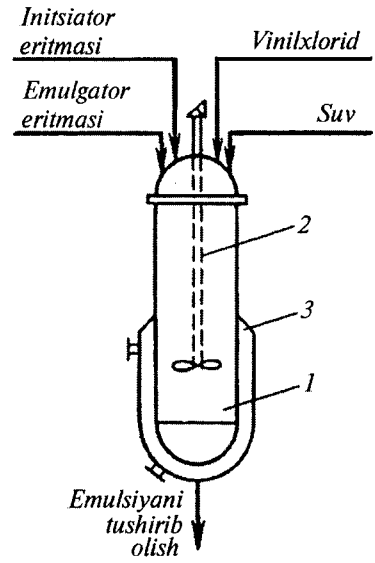
1978- yilda polietilen olishning yangi usuli ishlab chiqildi. Bu qattiq katalizator zarrachalarining qaynovchi qavatda etilenni polimerlashning gaz fazali jarayonidir. Bunda mahsulot 0,5-1 mm li granulalar ko'rinishida va oraliq operatsiyalarsiz (yuvish, quritish, suyuq-

lantirish-xarajatlarning 30 %) olinadi. Bu usulda olingan polietilen boshqa usullarni olinganiga qaraganda ikki marta mustahkamroq bo'lib, materiallarni ko'plab iqtisod qilish imkonini beradi, u zichligi past polietilen deb ataladi.

Ultra yuqori molekulali polietilen ham olindi. Polietilendan (yuqori bosimda olinganidan) plyonkalar, shlanglar, idishlar, (o'rta va past bosimda olinganidan) - quvurlar, apparat qismlari, suv osti kabellari va simlar elektrizolyatsiya qoplamalari, metallarni karroziyadan himoya qiluvchi, penoplastlar, xo'jalik va uy-ro'zg'or buyumlari tayyorlanadi.

Dunyoda 1987-yilda 30 mln tonnadan ko'proq polietilen ishlab chiqarildi.

Polivinilxlorid ishlab chiqarish 1937- yildan boshlandi, uni ishlab chiqarish uch xil usulda: blokda suspenziyada va emulsiyada amalga oshiradi. Emulsiya usulida reaktor (124- rasm) ga toza suv, 5 % li jelatina eritmasi - emulgator (vinilxlorid massasining 0,6 % li miqdorida) va inisiator (monomer massasining 0,3-0,7% li miqdorda benzol peroksidi) hamda suv massasiga teng miqdorda vinilxlorid solinadi. Polimerlash, 0,5-0,6 MPa bosimda va 35-70°C da reaksion massani aralashtirgan holda olib boriladi. Polimerlash reaktordagi bosimni 0,2 MPa gacha kamaytirish bilan tugallanadi.



124- rasm. Vinilxloridning suvemulsiyali polimerlanish sxemasi.
1 — reaktor; 2 — aralashtirgich; 3 — qizdiruvchi ko'ylak.

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°C da suyuqlanadi va parchalanadi, —10°C da mo'rt

bo'lib qoladi, yonmaydi, amalda erimaydi, kislota va ishqorlar tasirida chidamli.

Polivinilxloriddan ikki tipdagi plastmassalar: qattiq-vinilplast (ko'p plastifikator saqlovchi) va yumshoq plastikat olinadi. Plastikatdan turli rangdagi plyonkalar, fartuklar, plashlar, galantariya mahsulotlari va simlar izolyatsiyasi, charm, 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 termodestruksiyasi mexanizmini o'rganish shuni ko'rsatdiki, polimer tarkibidagi vodorod atomi bu jarayonining inisiatori 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 1000°C da ham parchalanmaydi. Bunday natijaga polimer tarkibidagi vodorodni «haydash» bilan erishiladi.

4- §. Kauchuk ishlab chiqarish

Tashqi kuch ta'sirida o'z shaklini o'zgartirib, deformatsiyalanib, ta'sir kuchi to'xtatilganda, yana dastlabki holatiga qaytadigan elastik yuqori molekular birikmalar *kauchuk* deb ataladi.

U ikkiga: tabiiy va sintetik kauchuklarga bo'linadi. Uzoq yillar mobaynida faqat tabiiy kauchuk olingan. Tabiiy kauchuk geveya, gvayula, ko'k-sag'iz, tov-sag'iz va boshqa kauchukli o'simliklarning sutsimon shirasidan lateks ajratib olingan. Janubiy Amerikadagi hindular bu sutsimon shirani kao chou («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 arxipedagi, Braziliya, Shrilanka, Indoneziya, Hindiston va boshqa joylarda o'sadi. Ko'pgina mamlakatlarda kauchuk hozirgi paytlarda ham katta miqdorda, asosan, geveya daraxtidan olinmoqda.

Sobiq ittifoq davrida tabiiy kauchuk ko'k-sag'iz va tov-sag'iz o'simliklaridan olingan. Ammo bu o'simliklardan olinadigan kauchuk unga bo'lgan talabni deyarli qondira olmas va tannarxi ham juda qimmatga tushar edi. Shuning uchun rus olimlari dunyoda birinchi bo'lib, sintetik kauchuk olishning sanoat usulini topdilar va Rossiya sintetik kauchikning vatani bo'lib qoldi.

Sintetik kauchukni birinchi bo'lib 1902- yilda rus olimi I. L. Kondakov sintez qildi. 22,3-dimetil -1,3-butadiyenni (metilizopren) 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 diyen uglevodorodlarning polimerlanishini o'rganish sohasidagi ishlarni davom ettirib 1931- yilda natriy butadiyenli kauchukni sintez qildi.

1931- yilning fevralida Sank-Peterburgda ko'rilgan birinchi tajriba zavodida sintetik kauchukning birinchi namunasi (260 kg) ishlab chiqarildi. 1932- yilda dunyoda birinchi bo'lib Rossiyada 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: diyenli uglevodorodlar, asosan, butadiyen -1,3, izopren, xloropren va boshqalar.

Kauchuklar xomashyoga qarab 2 sinfga bo'linadi: 1. Bir monomer asosida tayyorlangan kauchuklar. 2. Ikki yoki uch monomer asosida tayyorlangan kauchuklar.

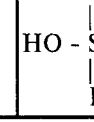
Sintetik kauchuk va rezinalar qo'llanilish sohasiga qarab shartli ravishda ikki guruhga bo'linadi: 1. Barcha sohalarda ishlatiladigan. 2. Maxsus sohalarda ishlatiladigan.

Birinchi guruhga kiradiganlari asosan shinalar va boshqa ko'pgina rezina buyumlar tayyorlash uchun ishlatiladi, ikkinchi guruhga kiradiganlari alohida xossalariga 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 (11- jadvalga qarang)

11- jadval.

Sintetik kauchukning muhim turlari

Kauchuklar	Reaksiya uchun olingan monomerlar	Maxsus xossalari
Barcha sohalarda ishlatiladigan		
Natriybutadienli (BSK)	Butadien $CH_2=CH-CH=CH_2$	
Divinilstirolli (SSK)	Butadien vastirol $CH_2=CH-C_6H_5$	
Divinilmetilstirolli (MSSK)	Butadien va metilstirol $CH_2=C(CH_3)-C_6H_5$	
Izoprenli	Izopren $CH_2=C(CH_3)-CH=CH_2$	
Maxsus sohalarda ishlatiladigan		
Tiokolli	Dixloretan, dixloretilefir $ClCH_2-CH_2Cl$, $ClCH_2-CH_2OCH_2-CH_2CL$ va tetrosulfidli NaS_4	Moy va benzinga chidamli
Butadiennitrilli (NSK)	Butadien va akrilonitril $CH_2=CHCN$	Issiqlik, benzin va moylarga chidamli
Xloroprenli (nairit)	Xloropren $CH_2=C(Cl)-CH=CH_2$	Issiqlik, benzin, va moylarga, ozonga chidamli
Polizobutilenli	Izobutilen $CH_2=C(CH_3)_2$	Kimyoviy chidamlikka ega
Butilkauchuk	Izopren vaizobutilen	Yuqori gaz o'tkazmaslik va kimyoviy chidamlilikka ega

Tiokolli	Dixloretan $ClCH_2$-CH_2Cl yoki $ClCH_2$-CH_2-O-CH_2-CH_2Cl vanatriy tetrasulfidi Na_2S_4	Moy va benzinga chidamli
Poliefiruretanli	Diizosianat va ikki atomli spirt $O=C=N-(CH_2)_n-N=C=O$ $HO-(CH_2)_n-OH$	Yuqori mustahkamlik va yemirilishga chidamli
Siloksanli	Kremniyorganik birikmalar 	Yuqori vapast haroratlarga (-60°Cdan +300Cgacha) chidamli

Keyingi yillarda ba'zi xossalari bo'yicha tabiiy kauchukdan ham ustun bo'lgan stereoregulyar- fazoviy tartibli kauchuklar (polibutadiyenli 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 xossalariga qarab har xil sohalarda ishlatiladi: rezinaning mustahkamligi va uning elastikligi, mexanik ta'sirni, urilishni pasaytirishi, 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 uzatish tasmalari, transportyor lentalari tayyorlash imkoniyatini beradi. Buning ustiga rezinaning gaz va suv o'tkazmaslik, dielektriklik (tok o'tkazmaslik) xossalarini ham hisobga oladigan bo'lsak, undan elektrotexnika sanoatida, aerostatlar va dirjabllar qobig'ini yasashda, dam solinuvchi qayiqlar va shu kabi minglab buyumlar tayyorlashda foydalanish mumkin.

Kauchuklar monomerlarni polimerlash yoki sopolimerlash orqali olinadi. Polimerlash jarayoni bloklarda (yaxlit va bir butun holda)

blok polimerlash emulsiyalarda, emulsion polimerlash va eritmalarda polimerlash usullarda olib boriladi.

Barcha sohalarda qo'llashga mo'ljallangan kauchuklardan ko'p ishlab chiqariladigani divinilstirolli (butadiyenstirolli) va polinizoprenli kauchuklardir.

Divinilstirolli kauchuk (SSK) emulsion sopolimerlash orqali ishlab chiqariladi. Divinilstirolli kauchuklardan bizda 70 % butadiyen va 30 % stiroldan iborat aralashmani sopolimerlash yo'li bilan (SSK-30) kauchuk olinadi (oxirgi 30- raqamli stirolning % miqdorini ko'rsatadi).

Emulsion polimerlashda reaksiyani tezlashtiruvchi aktiv zarracha bu radikal hisoblanadi. Uning hosil bo'lishi uchun polimerlash initsiatori qo'llaniladi. Initsiator ko'pincha bekaror organik va anorganik peroksid birikmalardir. Initsiator ta'sirida molekula yoki ion oddiy bog'ning uzilishi natijasida oson parchalanadi, bunda elektron jufti ajralib yoki bo'linib ikkita radikal hosil bo'ladi. Har qaysi radikal bittadan elektronlarga ega bo'ladi. $(R1 \div {}^{'}R \rightarrow 2R^{'})$, bu juftlashmagan yoki bo'sh valentlik elektronlar hisobiga monomer molekulasining ketma-ket birikishi sodir bo'ladi va to'xtovsiz o'sib boruvchi makroradikal zanjir uzilguncha tarkibida juftlashmagan elektron ushlaydi.

SSK-30 kauchugini olishda initsiator sifatida kuchli oksidlovchi izopropilbenzol ROOH[R=$C_6H_5C(CH_3)_2$] qo'llaniladi. Bunda reaksiya quyidagicha boradi:

$$RO \cdot\cdot OH \rightarrow RO^{\cdot} + {}^{\cdot}OH;$$

Hosil bo'lgan radikal o'ziga monomer molekulasini biriktirib oladi:

$$CH_2=CH\text{-}CH=CH_2 \rightarrow {}^{\cdot}CH_2\text{-}CH=CH\text{-}{}^{\cdot}CH_2 \xrightarrow{+RO^{\cdot}} RO\cdot\cdot\cdot$$

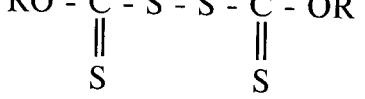
$$\cdot\cdot\cdot CH_2\text{-}CH=CH\text{-}C^{\cdot}H_2 \xrightarrow{+CH_2=CH\text{-}C_6H_5} RO\text{-}CH_2\text{-}$$

$$CH=CH\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH\cdot\cdot\cdot$$

$$\Big|$$

$$C_6H_5$$

Reaksiya shu tarzda davom etib ketaveradi.

Zanjirli reaksiyalarda zanjirni o'z vaqtida uzish uchun regulatorlar: adiftatik desulfidlar sinfiga oid birikmalar 

diksantogen (R-etil yoki izopropil) yoki osonlikcha disulfidlarga - R-S- S- R aylanuvchi merkaptanlar R- SH (R= $C_{12}H_{25}$) ishlatiladi.

Dikentogenlar RS yoki radikallari hosil qilib parcha-

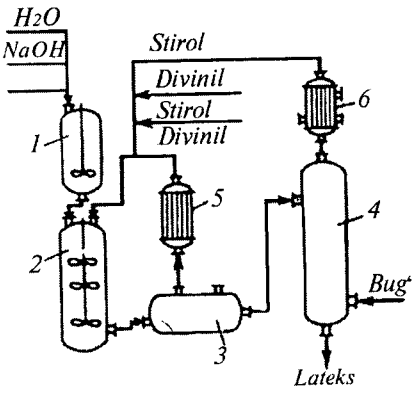
lanadi. Ular makroradikallarga birikib zanjirni uzadilar, natijada reaksiya to'xtaydi.

Emulsion polimerlanishda suv yoki tuzlarning suvdagi eritmalariga monomer suvda eruvchi initsiator, stabilizator va boshqa qo'shimchalar ishtirokida maxsus polimerlash apparatida kuchli aralashtirilib, emulsiya hosil qilinadi. Keaksion aralashma odatda 15-30 % (barcha aralashmalarning massasiga nisbatan) suyuq monomer, 60-80 % suv, emulgator, initsiator va regulyator-to'g'rilovchi (pH muhim, sirt taranglik, polimerlanish darajasi, tarmoqlanish darajasi va boshqalar) kabilardan iborat bo'ladi. pH muhim polimerlanishning tezligiga va hosil bo'ladigan polimerning sifati va unumiga ta'sir etadi.

Bundan tashqari, jarayonning tezligiga, hosil bo'ladigan polimerning polimerlanish darajasiga, vaqt, initsiator miqdori, emulgatorning tabiati miqdori hamda mexanik aralashtirishning tezligi va boshqa omillar ta'sir qiladi. Polimer olingach, emulsiyani buzish uchun turli elektrolitlar, odatda kislota solinadi.

Emulsion polimerlash usulning kamchiligi shundan iboratki, bu usulda olinadigan polimer emulgator bilan ifloslanadi. Natijada, undan tayyorlangan buyumlarning xizmat qilish muddatini kamaytiradi. Bu usul bilan hozirgi vaqtda polivinilxlorid, polistirolning ba'zi turlari, butadiyen, vinilasetat, akrilonitril va boshqalarning ko'pgina sopolimerlari olinadi.

Bu usulning yutuqlari esa quyidagilardir: jarayonning tezligi blok polimerlanishdan ancha yuqori, hosil bo'ladigan polimerning molekular massasi katta, yuqori unumli to'xtovsiz jarayon, sozlashning osonligi, apparatning qizib ketishining oldini olish



125- rasm. Divinil va stirolni emulsion polimerlanish sxemasi.
1 — emulgator eritmasini tayyorlash uchun apparat;
2 — polimerizator batareyasi;
3 — lateks yig'gich;
4 — bug'latish kolonnasi;

mumkinligini, ikki yoki undan ortik monomerni sopolimerlash mumkinligi va boshqalar. Mana shu yutuqlar bu usulning boshqalarga qaraganda keng rivoj topishini ta'minladi.

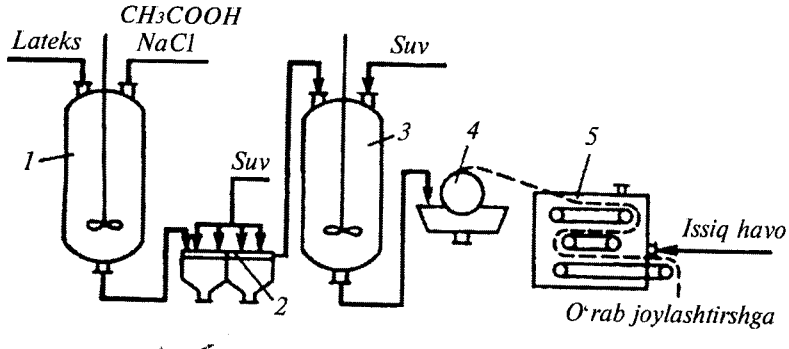
Butadiyen va stirolning sopolimerlanishi suvli muhitda, 5°C dan 50°C gacha haroratda bir-biriga ketma-ket tutashtirilgan polimerizatorda olib boriladi (125-rasm). Ilgaridan tayyorlab qo'yilgan divinil va stirol aralashmasi emulgator (masalan, kanifolmoyi yoki kanifolli sovun) va suv bilan taxminiy emulgatsiyalash apparatiga solinib aralashtiriladi.

Tayyor bo'lgan emulsiya, initsiator va regulyator eritmalari bilan birgalikda, batareya qilib ulangan polimerizatorga (12 ta apparatni bir-biriga ulab bitta batareya qilinadi, ularning 11 tasi ishlaydi) nasos yordamida to'xtovsiz haydalib turiladi. Har bir polimerizator bimetalldan (ikki xil metalldan) yasalgan yoki kislotaga chidamli emal qobiq bilan qoplangan bo'lib, sig'imi 12-20 m^3 va ichida uch varrakli aralashtirgichi bo'ladi.

Aralashtirgich bir daqiqada 50-1450 marta aylanadi. Polimerizatorda «Suv ko'ylagi» g'ilofi bo'lib, apparat ishga tushirilganda unga issiq suv yuboriladi. Jarayon to'liq aralashtirish rejimida boradi va ketma-ket hamma aralashma, barcha polimerizatorlar orqali oqib o'tadi, Natijada uglevodorodlar aralashmasining 58-60 %i polimerlanadi. Hosil bo'lgan lateks yig'gichga yuboriladi, u yerda lateks reaksiyaga kirishmay qolgan butadiyendan vakuum yordamida bug'lantirish bilan ajratib olinadi. So'ngra bug'lantiruvchi minoraga borib monomerlar bug' bilan to'liq ajratiladi. Haydalgan butadiyen va stirol kondensatorda 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'shilib 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 apparatiga (126- rasmda) bittasi ko'rsatilgan lateks va koagulyatorlar-elektrolitlar (NaCI yoki $CaCl_2$ va H_2SO_4) solinadi. Birinchi koagulyatorga 40°C haroratda NaCI ikkinchisi va uchinchilariga CH_3COOH qo'yiladi. Lateks elektrolit ta'sirida zarrachalar shaklida cho'kadi - koagulyatsiyalanadi. Mayda zarrachalar bir-biriga yopishib yiriklashadi-aglomeratsiyalanadi. Hosil bo'lgan aglomerat pulpa shaklida bo'lib vibroelakka (tebranib turuvchi to'r filtr) yuboriladi.



126- rasm. Lateksdan kauchuk olish sxemasi.
1 — koogulyator; 2 — vibroelak(tebranib turuvchi elak); 3 — yuvuvchi apparat; 4 — baraban vaakum filtr; 5 — quritgich.

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 o'tkaziladi. Yuvilgan pulpa tarkibida 8-10 % kauchuk ushlaydi va u barabanli vakuum - filtrga o'tib, suvdan ajraladi, siqiladi va quritgichga yuboriladi. U yerda kauchuk issiq havo oqimida quritiladi,

shakl beriladi va talk sepiladi (yopishib qolishining oldini olish uchun) va rulonga o'raladi.

Bu bilan birdaniga to'ldiruvchilar (qurum va moy) qo'shilgan qurum-moyli kauchuk olinadi. Shuning uchun ham bu usul an'anaviy usulga nisbatan (an'anaviy usulda olingan toza kauchukka to'ldiruvchilar qo'shiladi, bu jarayon alohida-alohida maxsus qurilmalarda olib boriladi) bir vaqtning o'zida ham energiya sarfi kamayadi, ham mehnat sharoiti yaxshilanadi va unumdorligi ortadi.

Butadiyen - stirolli kauchuklar polimerizatsiyalash hamda monomerlarning nisbati bilan farq qiladi. Masalan, past haroratda polimerizatsiyalash usuli (5°C yoki 0°Cdan ham past). Bu usulda «sovuq»yoki «past» haroratli kauchuk olinadi. Bu kauchuk yuqori malekular massaga ega bo'lib, yemirilishga chidamli rezina olish imkonini beradi. Yuqorida aytilganidek, ko'pincha 70:30 nisbatda (Butadiyen-70, Stirol-30) xomashyo olinadi, chunki stirol miqdori bundan oshirilsa, rezinaning elastikligi kamayadi. Bu nisbatni oshirib 80-90 % yetkazib borilsa, elastiklik xossasi butunlay yo'qolib, qattiq plasmassaga-ebonitga aylanib qoladi.

Ebonit - elastikligini yo'qotgan plastmassaga o'xshashli qattiq materialdir. Butadiyen- stirolli kauchukning boshqa turlari olinadi. Masalan, to'ldirgich sifatida moy solingan moyli saja solingan - sajali yoki moy va saja solingan moysajali kauchuklar. Buning uchun lateksga emulsiya shaklida 10 % dan 30 % gacha neft moylari qo'shiladi.

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 sterospesifik katalizatordan foydalanib olganlar.

Izoprenli kauchuk. Tabiiy kauchuk izopren monomerlardan tuzilgan izoprenli kauchukning makromolekulasida izopren molekulalari 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 jihatidan tabiiy kauchukdan qolishmaydi.

O'zining texnologik va ekspluatatsion xossalarini birgalikda olib qaralsa, ISK - 3 kauchugi tabiiy kauchuk bilan amaliy jihatdan

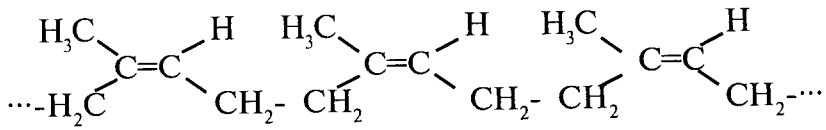
qaralganda bir xildir. ISK ning 1 sm^2 300 kg kuch bilan tortilganda ham uzilmaydi (12- jadvalga qarang)

12- jadval.

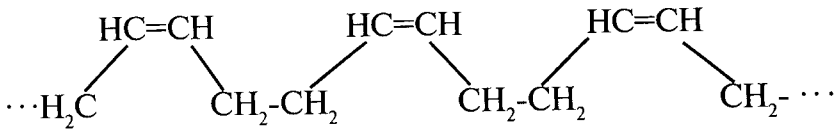
Sintetik kauchukning har xil turlaridan olingan rezinaning muhim xossalari.

Kauchukning nomi	Rezinaning muhim xossalari (o'rtacha)			
	20°C da uzilishga chidamlilik chegarasi	Uzilguncha nisbiy cho 'zilish foizi	20°C da elastikligi (foizda)	1kVt/c. energiya sarflanganda eyilishi sm^3 da
Umumiy yoki barcha sohalarda ishlatishga mo'ljallangan kauchuklar:				
Sterioregular izoprenli ISK	300	770	48	280
Sterioregular dvinilli	200	470	52	100
Sterioregular bo'lmagan SSK	280	600	34	250
BSK	160	500	25	450
Etilenpropilenli (EPSK)	250	600	53	220
Mahsus sohalarda ishlatiladigan kauchuklar:				
Xloroprenli (Nairit)	170	450	40	290
ISK	280	600	31	220
Butil kauchuk	170	700	9	250
Tabiiy kauchuk	300	800	50	300

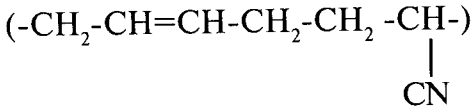
Stereoregulyar kauchuk (ISK-3)-sis-1,4-poliizoprenli kauchuk olish uchun, monomer eritmada polimerizatsiyalanadi, bunda steriospesifik katalizatorlar (litiy, tetraxlor titan, alkillitiy yoki kompleks metalloorganik katalizatorlar, masalan Al (izo-$C_4H_{10})_3$) qo'llaniladi. Olinish usuli yuqori usullarga o'xshaydi. Uning tuzilishi quyidagicha:



Yana muhim sterioregulyator va kauchuklardan DSK (divinilli sintetik kauchuk) bo'lib, uning tuzilishi sis- 1,4- polibutadiyen shaklidadir (DSKni 1956- yilda akademik B. A. Dolgopolskiy sintezladi).



Bu kauchuklar yuqorida ko'rsatilganidek, umumiy sohalar uchun bo'lib, barcha xildagi rezina buyumlar tayyorlash uchun ishlatiladi. Maxsus maqsadlar yoki sohalarda ishlatiladigan kauchuklardan: divinilnitrilli 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 birinchi 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 stirol qo'shib, sopolimerlab olinadi. Uning eng muhim xossasi 100-150°C gacha issiqlikka uzoq muddatgacha chiday olishidir.

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 Gudir kashf qilgan).

Olinadigan rezinaning barcha xossalarini 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 molekulalariga oltingugurt birikib go'yo molekulalarni «tikadi» va 3 o'lchamli struktura hosil qilib rezinaga aylantiradi; 3) tezlatkichlar (difenilguanidin merkaptabenzotiazol va boshqalar), yumshatgichlar (dibutilftalat, moy kislotalari, vazelin, parafin, sintetik polimerlar: polipropilen, polivinilxlorid, fenolformaldegid smolalari), eskirishni oldini oluvchilar (fenollar, aromatik aminlar, vosk va boshqalar), to'ldiruvchilar (to'ldiruvchilar aktiv va noaktivga bo'linadi.

Aktiv to'ldiruvchilarga: qurum , kremniy (IV)- oksidi , oq qurum, titan (IV)-oksidi, rux oksidi va boshqalar kiradi. Ular 10% dan 50 % gacha rezinaning mustahkamligini oshirish uchun qo'shiladi. Noaktiv to'ldiruvchilarga: bo'r, talk, kaolin, bariy sulfat tuzi 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 daqiqadan 90 daqiqagacha davom etadi. Vulqonlanish turli xil apparatlarda olib boriladi. Vulqonlanganda kauchukning to'g'ri zanjirli strukturasi to'rsimon struktukaga aylanadi.

Vulqonlashni tezlatgich molekulalarni, qizdirilganda radikalga -Ṙ parchalanadi va hosil bo'lgan radikal 8 atomdan iborat oltingugurt xalqasiga birikib uni beqaror radikalga aylantiradi.

$$-R^{\cdot}+S_8 \rightarrow R-S-S-S-S-S-S-S-S^{\cdot}$$

Bu radikallar kauchukning makromolekulasi bilan birikuvchi bir yoki bir necha ikki valentli polisulfidli radikallarga parchalanadi (Masalan, DSK bilan boradigan vulqonlash reaksiyasi quyidagicha bo'ladi):

$$R\text{-}S^{\cdot}_8 \longrightarrow R\text{-}S^{\cdot}_6 + S^{\cdot} + S^{\cdot},$$

$$R\text{-}S^{\cdot}_6 + \cdots -CH_2-CH=CH-CH_2-\cdots \longrightarrow RSSH +$$

$$+ \cdots {}^{\cdot}CH\text{-}CH=CH\text{-}CH_2\text{-}\cdots$$

Makroradikal

Hosil bo'lgan makroradikal (MR) ikki valentli oltingugurt radikallarini biriktirib oladi, so'ngra polisulfidli «ko'prik»lar hosil bo'lishi evaziga zanzirli molekulalarining o'zaro bog'lanishi -«tikilishi» ro'y beradi.

$$\cdots CH\text{-}CH=CH\text{-}CH_2\text{-}\cdots + S^{\cdot}\text{-}S^{\cdot} \longrightarrow \cdots\text{-}CH\text{-}CH=CH-CH_2\text{-}\cdots +$$

$$\cdots\text{-}CH_2\text{-}CH=CH\text{-}CH_2\text{-}\cdots \longrightarrow \cdots\text{-}CH\text{-}CH=CH\text{-}CH_2\text{-}\cdots$$

$$\cdots CH_2\text{-}CH\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}\cdots$$

(ko'prikchalar 1,3 va boshqa holatlarda ham bo'lishi mumkin).

Rezinaga talab kundan-kunga ortib bormoqda. Hozirgi paytda rezinadan 40 000 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 ham kauchuk ishlab chiqarish va uning asosida rezina ishlab chiqarish zavodlari qurish rejalashtirilmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Karimov I. A. «O'zbekiston XXI asr bo'sag'asida» T. «O'zbekiston». 1997 y.

2. Кутепов А. М., Бондарев Т. И., Беренгартен М. Г. «Общая химическая технология.» 2-е изд. М., «Высшая школа», 1990.

3. Абаланов Б.Е. «Основы химических производств» М.,: Химия, 2001.

4. Алтухов Л.В.. Мухленов И.П., Еумаркина У.С. «Химическая технология». М. «Просвещение», 1985.

5. Asqarov M., Yoriyev O. M., Yodgorov N. »Polimerlar fizikasi va kimyosi». »T., «O'qituvchi», 1993.

6. А.А. Исматов, Т.А. Отақўзиев, Н.П. Исмаилов, Ф.М. Мирзаев «Неорганик материаллар кимёвий технологияси. Тошкент, «Ўзбекистон» 2002.

7. Позин М.Е. «Технология минеральных солей, Л.,: Химия 1984.

8. Бекиров Т.М. «Первичная переработка природных газов». М.,: Химия, 1987.

9. Алиманова Ж.И., Отакузиев Т.А., Эминов А.М. «Керамик буюмлар технологияси». Тошкент, Турон-Иқбол. 2006.

10. Тимофеев В.С., Серафимов Л.А. «Принципы технологии основного органического синтеза» М.,: «Химия», 1992.

11. Атакузиев Т., Таджиева Д. »Новые види цементов на основе сулфоклинкеров.» Т. «Мехнат», 1989.

12. Гриценко А. И., Галанин И.А., Зиновьева Л.М., Мурин В. И. «Очиска газов от сернистих соединений при эксплуатации газових месторождений». М., «Недра», 1985.

13. Kattayev N. Sh., Shoymardonov R. A.,«Kimyo sanoati va xalq iste'mol mollari». T., «O'zbekiston». 1986.

14. Лисицин В. Н., «Химия и технология промежуточних продуктов». М., «Химия». 1987.

15. Мухленов И. Т., Горштейн А. Е., Тумаркина Е.С., и др.» «Основи химической технологии». Под ред. И. П. Мухленова, М. «Высшая школа», 1991.

16. Юркевич В. В., Пакшвер А. Б., »Технология производства химических волокон» М., «Химия», 1987.

17. Salimov Z.»Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayonlari va qurilmalari.» Tom-1 T. «O'zbekiston», 1994.

18. Панин М.С. «Химическая экология» под ред. Кудайбергенова С.Е. Семипалатинск, 2002.

19. Соколов Р.С. «Химическая технология» 1-2 том. М.,: Владос, 2003.

20. Воробьев В.А., Андрианов Р.А. «Технология полимеров». М.,: Высш. школа, 1980.

MUNDARIJA

So'zboshi 3

BIRINCHI QISM
KIMYOVIY TEXNOLOGIYANING UMUMIY TUSHUNCHALARI

I BOB. Kirish. Kimyoviy texnologiya fani va uning muhim vazifalari. Kimyoviy ishlab chiqarishning ahamiyati va taraqqiyoti 5
1- §. Kimyoviy texnologiya fani va uning muhim vazifalari 5
2- §. Kimyo sanoatining ahamiyati 6
3- §. Kimyoviy ishlab chiqarishning paydo bo'lishi va taraqqiyoti 7
4- §. O'zbekistonda kimyoviy ishlab chiqarishning paydo bo'lishi va taraqqiyoti 10
5- §. Kimyoviy ishlab chiqarishning texnologik va texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari 14

II BOB. Xomashyo, energiya 23
1- §. Xomashyo 23
2- §. O'zbekistonda kimyo sanoatining paydo bo'lishi va rivojlanishi 25
3- §. Qattiq xomashyoni boyitish 26
4- §. Suyuq xomashyoni boyitish 35
5- §. Gazsimon xomashyoni boyitish 36
6- §. Xomashyoni kompleks foydalanish. Chiqindisiz texnologiya 37
7- §. Energiya 40

III BOB. Suv 43
1- §. Kimyo sanoatida suv 43
2- §. Ichimlik suvini tayyorlash 47
3- §. Sanoat suvlarini tayyorlash 51
4- §. Sanoatda suv sarfini kamaytirish yo'llari 55

IV BOB. Tabiat muhofazasi va sanoat chiqitlarini tozalash 57
1- §. Atmosfera muhofazasi 60

2- §. Tabiiy suvlar muhofazasi 72
3- §. Tuproq muhofazasi 83

IKKINCHI QISM
KIMYOVIY TEXNOLOGIYANING NAZARIY ASOSLARI

I BOB. Kimyoviy texnologiyaning asosiy qonuniyatlari 85
1- §. Kimyoviy texnologik jarayonlar haqida tushuncha. Asosiy jarayonlarning turlari 86
2- §. Kimyoviy texnologik jarayonlarning klassifikatsiyasi 87
3- §. Texnologik jarayonlarda muvozanat 93
4- §. Texnologik jarayonlarning tezligi 99
5- §. Kimyoviy reaktorlar va ishlab chiqarishning kimyoviy texnologik sistemalari 110
6- §. Gomogen va geterogen jarayonlar. Apparatlar 125

II BOB. Katalitik jarayonlar 147
1- §. Kataliz turlari va uning mohiyati 147

UCHINCHI QISM
MUHIM KIMYOVIY ISHLAB CHIQARISHLAR

I BOB. Oltingugurt ishlab chiqarish 159
1- §. Oltingugurtning xossalari, tarqalishi, ishlatilishi va olinishi 159
2- §. Vodorod sulfiddan oltingugurt ishlab chiqarish 160

II BOB. Sulfat kislota ishlab chiqarish 166
1- §. Xossalari, ishlab chiqarish usullari va ishlatilishi 166
2- §. Oltingugurt (IV)- oksidini ishlab chiqarish 170
3- §. Kontakt usuli bilan sulfat kislota ishlab chiqarish 176

III BOB. Birikkan azot texnologiyasi 186
1- §. Azot sanoatining xomashyo manbalari va ishlatilishi 186
2- §. Atmosfera azotini biriktirib olish usullari 187
3- §. Ammiak sintezi uchun azot vodorodli aralashmaning olinishi va tozalash usullari 188
4- §. Ammiak sintezi 192
5- §. Nitrat kislota ishlab chiqarish 200

IV- BOB. Mineral o'g'itlar ishlab chiqarish 216
1- §.Mineral o'g'itlarining ahamiyati, sinflarga bo'linishi va olinishi 216
2- §. Azotli o'g'itlar ishlab chiqarish 223
3- §. Fosforli o'g'itlar 233
4- §. Kompleks o'g'itlar 245
5- §. Kaliyli o'g'itlar ishlab chiqarish 247
6- §. Mikroo'g'itlar 248

V BOB. Silikatlar texnologiyasi 251
1- §. Silikatli materiallarning klassifikatsiyasi va ishlatilishi 251
2- §. Keramika buyumlari 252
3- §. Mineral bog'lovchi moddalar 260

VI BOB. Elektrokimyo 275
1- §. Elektrokimyoviy ishlab chiqarish 275
2- §. Suvli eritmalar va suyuqlanmalar elektrolizining nazariy asoslari 276
3- §. Natriy xlor eritmasining elektrolizi 280
4- §. Sintetik xlorid kislota ishlab chiqarish 284

VII BOB. Metall ishlab chiqarish va uni sinflarga ajratish 287
1- §. Metallarning sinflarga bo'linishi 287
2- §. Cho'yan ishlab chiqarish 288
3- §. Po'lat ishlab chiqarish 299
4- §. Po'latga termik va kimyoviy ishlov berish 307
5- §. Aluminiy ishlab chiqarish 308

VIII BOB. Yoqilg'ini kimyoviy qayta ishlash 316
1- §. Energetika muammolari va istiqbollari 316
2- §. Yoqilg'i va uni qayta ishlash 319
3- §. Qattiq yoqilg'ini qayta ishlash 321
4- §. Kokslashda hosil bo'ladigan kimyoviy mahsulotlarni ushlab qolish 323
5- §. Neft va tabiiy gazni qayta ishlash 328

IX BOB. Organik sintez sanoati 352
1- §. Organik sintezning xomashyosi va tipik kimyoviy texnologik jarayonlar 352
2- §. Metanol sintezi 357
3- §. Etanol sintezi 362

4- §. Formaldegid va sirka aldegidini ishlab chiqarish 366
5- §. Sirka kislota ishlab chiqarish 369
6- §. Stirol ishlab chiqarish 371
7- §. Kaprolaktam ishlab chiqarish 373

X BOB. Yuqori molekular birikmalar 375
1- §. Yuqori molekular birikmalarning xossalari, sinflarga bo'linishi va olinish usullari 376
2- §. Kimyoviy tola ishlab chiqarish 386
3- §. Plastmassa ishlab chiqarish 403
4- §. Kauchuk ishlab chiqarish 412
Foydalanilgan adabiyotlar 426