

S.Ə. NOVRUZOV

**QEYRİ-ÜZVİ
KİMYA TEXNOLOGİYASI**

Universitetlər üçün dərslik

*Azərbaycan Respublikası
Təhsil Nazirliyi tərəfindən
təsdiq edilmişdir*

BAKİ-2007

66
+ N84

Rəy verənlər: *professor Ə.İ. Əhmədov*
professor M.S. Alosmanov

İxtisas redaktoru: *professor M.M. Hacıyev*

2066708

S.Ə. Novruzov. Qeyri-üzvi kimya texnologiyası. Universitetlər üçün dərslik – Bakı, «Təhsil» NPM, 2007, 308 səh.

Kitabda ümumi kimya texnologiyası nəzəriyyəsinin əsas prinsip və qanunauyğunluqları, kimyəvi reaktorlar və sobalar, onların quruluş və iş prinsipləri, kimya texnologiyasının modeləşdirmə üsulları, ən mühüm qeyri-üzvi sənaye məhsullarının istehsal texnologiyası, istehsal proseslərinin metodları, prinsipial texnoloji sxemlər və əsas aparatların iş prinsipləri ətraflı və müasir elmi səviyyədə izah edilir. Burada həmçinin mühüm texnoloji sahələrdən olan sement, saxsı və şüşə istehsalının əsasları öz əksini tapmışdır.

Kitab universitet tələbələri üçün nəzərdə tutulsa da, ondan kimya texnologiyası sahəsində ixtisaslaşan digər ali məktəb tələbələri və bu sahədə çalışan mühəndis-texnoloqlar da istifadə edə bilərlər.

$N \frac{M - 004037}{700122} - 2007.$



© «Təhsil» NPM, 2007.

ÖN SÖZ

Kursun əsas məqsədi kimyəvi proseslər və istehsalın, metallurgiya proseslərinin, kağız və silikat sənayesinin, yanacaq emalının və sənaye ekologiyasının əsas qanunauyğunluqlarını tələbələrə öyrətməkdir.

Ali məktəblərdə kimya texnologiyasının öyrənilməsi üç istiqamətdə aparılır: mühazirələr, praktiki məşğələlər və laboratoriya işləri. Göstərilən üç növ təhsilin birgə və qarşılıqlı öyrənilməsi tələbələrə kimya texnologiyası ixtisası üzrə kifayət qədər bilik əldə etməyə imkan verir.

Kimya texnologiyasında müxtəlif kimyəvi-texnoloji proseslər: homogen və heterogen, katalitik, yüksəktemperaturlu və elektrokimyəvi sistemlərdə öyrənilir. Bu kursda həmçinin xammallar, onların əldə edilməsi və sintezi, xammalın zənginləşdirilməsi və texniki analiz metodları izah edilir.

Kimya texnologiyası kimyəvi reaktorların hazırlanması üçün istifadə olunan konstruksiya materiallarının təbiəti, onların alınması, hazırlanması kimi fiziki və fiziki-kimyəvi prosesləri də öyrənir.

Kimya texnologiyası kursu nisbətən mürəkkəb bir kursdur. Bu da onunla əlaqədardır ki, kursun öyrənilməsi kifayət qədər kimyəvi biliyə malik olmağı, texnoloji proseslərdən baş çaxarmağı, prosesdə iştirak edən aparat və qurğuların iş prinsipini bilməyi tələb edir. Kimya texnologiyası fənni öz tədqiqat obyektini başqa elmlərlə, o cümlədən riyaziyyat və fizika ilə birlikdə öyrənir.

Müasir dövrdə kimya elmi və kimya sənayesinin sürətli inkişaf mərhələsi başlamışdır. İndi yeni istehsalat növləri yaranır və onun texniki təchizatı yeni bir mərhələyə çatır. Kimyəvi istehsalın kombinasiyası və intensivləşməsi sürətlənir.

Hazırda zavodların qurulmasında tətbiq olunan aparat və qurğular daha mürəkkəbdir. Onların yerinə yetirdik-

ləri kimyəvi proseslər daha dərin, daha böyük həcmli, daha çox müasirdir. Ona görə də müasir kimyaçı-texnoloqlar və mühəndislər daha geniş biliyə malik olmalı, öz ixtisasını dərindən bilməklə yanaşı müxtəlif prosesləri bir-birilə əlaqələndirməyi bacarmalı, yəni hərtərəfli inkişaf etmiş olmalıdırlar.

Bu fənnin əsas məqsədi müasir kimyəvi-texnoloji proseslərdən baş çıxarmağı və onları idarə etməyi bacaran mühəndis – kimyaçı-texnoloqlar hazırlamaqdır.

Ümumi kimya texnologiyası elmi kimya sənayesinin inkişafına müvafiq olaraq inkişaf edir.

Əvvəllər kimya texnologiyası həm kimyəvi, həm də fiziki prosesləri birgə öyrənirdi. Məlumdur ki, fiziki proseslər kimyəvi proseslərə nisbətən daha sadə və asandır. Bu proseslərin ümumiləşməsi texnoloji proseslərin qanunauyğunluqlarını izah etdi. Beləliklə, fiziki proseslərin öz qanunauyğunluqları meydana çıxaraq kimya texnologiyasından ayrıldı və «Kimya texnologiyasının proses və aparatları» adı ilə müstəqil bir elmə çevrildi. Bu elm indi kimya texnologiyasının hidrodinamik, istilik, diffuziya, soyuducu, mexaniki və s. proseslərini, eləcə də həmin proseslərdə aparatları öyrənir.

Kimyəvi prosesləri və əsas reaksiya aparatlarını öyrənmək yenə də əvvəlki kimi ümumi kimya texnologiyasının öhdəsinə düşür.

Məlumdur ki, kimya istehsalının həcmi və kimyəvi proseslərin mürəkəbliyi günü-gündən artır. Hazırda 100 minlərlə kimya zavodları işləyir, milyonlarla kimyəvi məhsul istehsal olunur. Ona görə də qısa bir kursda bütün istehsal növlərini və texnoloji prosesləri əhatə etmək həm imkan daxilində deyil, həm də buna ehtiyac yoxdur. Çünki hazırda elə ümumi qanunauyğunluqlar və tipik metodlar məlumdur ki, onları müxtəlif, çoxlu sayda kimya istehsalına, kimyəvi proseslərə tətbiq etmək mümkündür. Bu mənada gələcək mühəndis-kimyaçı-texnoloqların bütün mövcud olan kimya

istehsalından və kimyəvi proseslərdən tam baş çıxarmaları vacib deyil. Kimyaçı –texnoloq əsasən kimya texnologiyasının qanunauyğunluqlarını, tipik kimyəvi prosesləri və onların müvafiq reaksiya aparatlarını dərindən bilməlidir. İndiki kimyəvi proseslər həm qarşılıqlı əlaqədə, həm də komplektləşdirilmiş aparatlarda aparılır. Ona görə də bu dərsləkdə əsas məqsəd kimya texnologiyasının başlıca qanunauyğunluqlarını vermək və bu qanunauyğunluqları ümumiləşdirmək, kimyəvi proseslərin əsas növlərini və aparatlarını tədris planı əsasında izah etməkdən ibarətdir. Dərsləyin kimyaçı-texnoloqların tədris planına müvafiq yazılmasına baxmayaraq ondan kimya-texnologiyası ixtisası alan bütün ali məktəblərin tələbələri istifadə edə bilərlər.

Ümumi kimya texnologiyası kitabı iki bölmədən ibarətdir. Birinci bölmədə kimya texnologiyasının ümumi nəzəri əsasları, ikinci bölmədə qeyri-üzvi maddələrin kimyəvi texnologiyası, həmçinin sement və şüşə istehsalı ətraflı izah edilir.

Texnoloji proseslərin istehsal sxemini verərkən, müəllif çalışmışdır ki, həmin sxem və istehsal prosesi ümumiləşmiş və tipik olsun.

Göstərilən istehsal proseslərini öyrənən zaman mühazirə materialı ilə laboratoriya işləri əlaqələndirilməlidir. Tələbə mühazirədə öyrəndiyi nəzəri problemləri laboratoriya tipli hazır qurğularda təcrübi olaraq yoxladıqda o həmin problemi daha dərindən başa düşür, onda yeni ideyalar meydana gəlir. Bu da gələcək texnoloqun istehsaldakı rolunu daha da artırır.

Onu da qeyd etmək ki, kitabda təqdim olunan bütün istehsal proseslərinin hamısını mühazirədə əhatə etmək vacib deyil. Burada əsas məsələ ondan ibarətdir ki, mühazirədə kimyəvi istehsalda tətbiq olunan əsas kimyəvi proseslər və aparatlar hərtərəfli izah edilsin, yüksəktəzyiqli, yüksəktemperaturlu, katalitik, aşağıtemperaturlu və elektrokimyəvi

proseslərin hər birinə aid konkret istehsal prosesinin texnoloji sxemi verilsin.

Mühazirə materiallarını daha yaxşı mənimsəmək üçün tələbələr kimya texnologiyasına aid hesablamaları da bacarmalıdır. Bu məqsədlə onlar seminar məşğələlərində tam bir proses və ya onun bir mərhələsi üçün istilik və material balansını hesablamağı vərdiş etməli, bunun üçün kifayət qədər kimyəvi, riyazi və fiziki biliyə malik olmalıdır. Müəllif bunları nəzərə alaraq tipik kimyəvi-texnoloji proseslərin gedişinin izahından sonra onların material və istilik balanslarının hesablarını vermişdir. Bu hesablamalar seminar məşğələləri üçün nəzərdə tutulur ki, bu da mürəkkəb kimyəvi-texnoloji proseslərin daha dərinlən dərk edilməsinə böyük kömək göstərəcəkdir.

Müəllifin bu kitabı yazmaqda əsas məqsədi ümumi kimya texnologiyası ixtisası alan ali məktəb tələbələrinin və mühəndis-texnoloqların müasir proqramı əhatə edən və Azərbaycan dilində yazılan dərsliyə olan ehtiyacını təmin etməkdir.

Müəllif kitabın redaktorluğunu öhdəsinə götürmüş Bakı Dövlət Universitetinin professoru M.M. Hacıyevə, kitabına rəy vermiş professor Ə.İ. Əhmədov və professor M.S. Alosmanova minnətdarlıq etməklə, təklif və qeydlərini göndərəcək oxuculara əvvəlcədən təşəkkürünü bildirir.

S.Ə. Novruzov

ÜMUMİ MƏLUMAT

Texnologiya (yunanca «texnos» - sənət, «loqos» - elm deməkdir) *xammalların istehsal vasitələrinə və istehsal məhsullarına emalının üsul və proseslərini öyrənən elmdir.*

Emal üsulları dedikdə, xammalın məhsula çevrilənə qədər məruz qaldığı bütün fiziki və kimyəvi proseslərin cəmi başa düşülür. Xammalın emal üsulu alınacaq məhsulun istehsal üsulundan asılıdır. İstehsal üsulları xammalın maşın və aparatlarda məhsula çevrilməsinin bütün əməliyyatlarını ardıcıl şərh edir. Belə şərh etməyə *texnoloji sxem* deyilir.

Kimyəvi proses bir və ya bir neçə aparatda baş verir. Bir çox hallarda kimyəvi proseslərə kimyəvi əməliyyatlar da deyilir. Kimyəvi əməliyyatlar kimyəvi proseslərin cəmindən ibarətdir. Kimyəvi reaktorlarda həm fiziki, (hidravlik, istilik, diffuziya) həm də kimyəvi proseslər baş verə bilər.

Texnologiyadan daşındıqda xammal ilə istehsal vasitələrini bir-birindən fərqləndirmək lazımdır. Xammal təbii maddələrdir. Onlar sənaye məhsulları istehsalında istifadə olunur. Məsələn, neft, daş kömür, ağac və s. Kimya müəssisələrində xammaldan istehsal vasitələri istehsal edilir. Məsələn, təbii xammal olan natrium-xloriddən soda istehsal edilir, lakin soda istehsal məhsulu kimi deyil, istehsal vasitəsi kimi işlədilir. Boksitdən alüminium istehsalında yeyici qələvi, yaxud sodadan yeyici qələvi istehsalında soda istehsal vasitələridir.

Texnologiya mexaniki və kimyəvi texnologiyaya bölünür.

Mexaniki texnologiya – maddələrin kimyəvi tərkibinin və daxili quruluşunun dəyişmədiyi emal proseslərini öyrənən elmdir. Mexaniki texnologiyada materialın forması, yə-

ni, xarici görünüşü və fiziki xassələri dəyişir. Məsələn: ağacdan mebelin hazırlanması, metaldan kəsmək və ya sıxmaqla maşın hissələrinin hazırlanması və s. mexaniki texnologiyaya aid olan proseslərdir.

Kimyəvi texnologiya – maddələrin kimyəvi tərkibinin, daxili quruluşunun və onunla bağlı olan kimyəvi xassələrinin dəyişdiyi prosesləri öyrənir.

Lakin qeyd etməliyik ki, belə bir bölgü müəyyən mənada şərti xarakter daşıyır, çünki bütün kimyəvi proseslər mexaniki proseslərlə müşayiət olunur və əksinə, mexaniki proseslərin əksəriyyətində kimyəvi proseslər baş verir. Məsələn, metaltökmə prosesi mexaniki texnologiyaya aiddir. Lakin maye metallı qaliblərə tökdükdən sonra o bərkiiyir və müəyyən forma alır. Bu proseslərdə müxtəlif kimyəvi reaksiyalar baş verir.

Kimya texnologiyası iki hissəyə bölünür:

1. Qeyri-üzvi maddələr texnologiyası;
2. Üzvi maddələr texnologiyası.

Qeyri-üzvi maddələr texnologiyası həmin maddələrin istehsal proseslərini öyrənir. Kimyəvi texnologiyanın bu bölməsi mineral turşuların, duzların, gübrələin, qələvilərin, silikat materiallarının (yapışdırıcı maddələrin, saxsı məmulatlarının, şüşənin), əczaçılıq preparatlarının, əlvan, nadir və qara metalların, mineral boyaların, bir sıra qazların və reaktivlərin istehsalını və istehsal vasitələrini əhatə edir.

Üzvi maddələr texnologiyası spirtlərin, üzvi turşuların, aldehid və ketonların, kənd təsərrüfatı zərərvericilərinə qarşı mübarizə preparatlarının, plastik kütlələrin, kimyəvi liflərin, sintetik kauçukların, yanacaqların, su qazı və koks qazının emalı və habelə bir çox üzvi sintez məhsullarının alınması proseslərini öyrənir.

Texnologiyanın hər iki bölməsi (mexaniki və kimyəvi) ümumi prinsip və qanunauyğunluqlara əsaslanır. Başqa sözlə, eyni bir kimya müəssisəsində qeyri-üzvi və üzvi istehsal prosesləri birgə aparılır. Belə zavodlarda kimyəvi proses-

lərlə yanaşı, fiziki proseslər də gedir. Qaz, maye və bərk maddələrin ayrılması, bərk maddələrin xırdalanması, istilik mübadilə prosesləri belə proseslərdir.

İndii kimya texnologiyası yeni məzmun kəsb edir. O, nəzəri elmdən dəqiq elmə çevrilmişdir. Kimya texnologiyasının özünəməxsus qanunları vardır ki, həmin qanunlar kimyanın, fizikanın, fiziki kimyanın, riyaziyyatın və sənaye iqtisadiyyatının əsas qanunlarına əsaslanır.

Azərbaycanda kimya sənayesinin inkişafı

Hər bir cəmiyyətin inkişafı bu inkişafın əsas göstərici olan maddi-texniki bazanın yüksəliş səviyyəsindən asılıdır. Maddi-texniki bazanın zənginliyi isə xalq təsərrüfatının mexanikləşdirilməsi, avtomatlaşdırılması, kimyalaşdırılması və yeni texnologiyanın tətbiqi ilə sıx bağlıdır. İqtisadiyyatın maddi – texniki bazasının yaradılması sahəsində kimyanın və kimya texnologiyasının rolu daha da artır. Ölkənin bol və keyfiyyətli yeyinti məhsulları, bol enerji, daş kömür, neft və neft məhsulları, inşaat materialları, metal və onların müxtəlif ərintilərlə təmin edilməsi problemlərinin həlli kimya sənayesinin öhdəsinə düşür. Sovet hakimiyyətinin və SSRİ-nin yaranmasının ilk illərində ölkəmiz belə imkandan məhrum idi. Ölkəmiz müstəqillik əldə etdikdən sonra ölkənin kimya sənayesini praktiki olaraq yenidən qurmaq lazım gəldi.

Sovet hökuməti başqa sahələrdə olduğu kimi kimya sənayesi sahəsində də dünyanın inkişaf etmiş kapitalist ölkələrindən geridə qalırdı.

Ölkədə fəaliyyət göstərən cəmi bir neçə zavod vardı ki, onlar da güclü deyildi. Dövlətimizin qarşısında kimya məhsullarının artırılması, elmi-tədqiqat işlərinin istiqamətləndirilməsi və genişləndirilməsi, yeni xammal mənbələrinin axtarılması və onların yeni üsullarla istismar və emal olunması, yeni ixtisaslı və hərtərəfli inkişaf etmiş mütəxəssislərin

yetiştirilməsi kimi problemlər dururdu. Sənayenin inkişafı üçün lazım olan xammal baha qiymətə xaricdən idxal edilirdi. Lakin xalqın böyük işgüzarlığı və yeridilən siyasətin düzgünlüyü nəticəsində qısa bir vaxtda ölkədə böyük dönüş yarandı.

Bu işin sürətlə başlanmasında rus alimlərinin rolu xüsusilə böyük idi. M.A. İlinskinin, İ.A. Kalbukovun, A.E. Favorskinin, P.P. Fedotovun, L.A. Çuqayevin, S.V. Lebedevin, A.E. Arbuzovun və bir çox başqalarının kimya və kimya texnologiyası sahəsindəki əsaslı elmi işləri böyük əhəmiyyət kəsb edirdi. Kimya sənayesinin inkişafında, xüsusilə, müharibə illərində ölkənin müdafiə qüdrətinin artmasında Y.H. Məmmədəliyevin elmi fəaliyyəti böyük rol oynamışdır.

Ötən əsrin 30-cu illərində Yusif Məmmədəliyev ilk dəfə olaraq təbii qazdan neft-kimya sahəsində istifadə edir. O, təbii qazı xlorlaşdıraraq geniş tədqiqat sahəsi yaratmış, onun sənaye texnologiyasını həyata keçirmişdir. Bu kimi işlərin nəticəsindən istifadə etməklə Y. Məmmədəliyev digər karbohidrogenlərin xlorlaşmasını da müvəffəqiyyətlə həyata keçirmişdir. O, təbii qaz əsasında karbon 4 - xlorid, etil spirti, sintetik kauçuk, hidrogen və s. istehsalını təklif etmişdir.

Y. Məmmədəliyev aromatik karbohidrogenlərin alkiləşməsi və dealkilləşməsi proseslərinin əsasını qoymuş və toluolun sintezini həyata keçirmişdir. Bu yolla da o, partlayıcı maddə olan trotilin alınmasını sənaye miqyasında başa çatdırmışdır. Y. Məmmədəliyev aromatik karbohidrogenlərin olefinlərlə alkilləşməsində katalizator kimi ilk dəfə sulfat turşusundan istifadə etmişdir. Böyük alimin və böyük elmi xidmətlərindən biri də o idi ki, İkinci Dünya müharibəsi illərində Sovet hərbi texnikasını yüksəkətkanlı aviasiya benzini ilə təmin etmişdir.

Azərbaycan kimya elminin və onunla bağlı olan kimya sənayesinin inkişaf etdirilməsində Y. Məmmədəliyevdən

başqa V. Səfərov, Ə. Quliyev, M. Nağıyev, T. Şaxtaxtinski, M. Rüstəmov, S. Cəfərov, H. Şaxtaxtinski, B. Zeynalov, M. Dalin və başqaları kimi kimyaçılar da böyük rol oynamışlar.

1930-cu illərdə üzvi sintez sənayesinin əsası qoyuldu. Azot, ammonyak və nitrat turşusu istehsal edən mürəkkəb kimya zavodları işə salındı. 1940-cı illərin əvvəllərində neft emal edən zavodlar, ağacın kimyəvi emal kombinatları, xüsusi hidroliz müəssisələri tamamilə yenidən quruldu. 1940-cı ildə kimyəvi məhsulların miqdarı 1928-ci ildəkindən 15 dəfə çox idi. Üçüncü beşillikdə kimya sənayesinin daha sürətli və əsaslı inkişaf etdirilməsi planlaşdırılmışdır. Lakin müharibənin başlanması nəinki həmin planların yerinə yetirilməsinə mane oldu, həm də mövcud olan zavodların əksəriyyətinin dağılmasına gətirib çıxardı. Müharibədən sonra kimya müəssisələri tezliklə bərpa olundu.

Dövlətin göstərdiyi böyük qayğı nəticəsində kimya sənayesi başqa sənaye sahələrinə nisbətən daha sürətlə inkişaf etmişdir. Müharibədən sonrakı illərdə yüksəkixtisaslı mühəndis-texnoloq kadrların hazırlanması kimya sənayesinin inkişafına böyük təkan verdi. Neft hasilatı, emal olunan ağac materialı, çıxarılan faydalı qazıntılar istehsal olunan qaz durmadan artırdı.

Mineral maddələr istehsalı da sürətlə artır. Hazırda müxtəlif növ gübrələr, əsaslar, turşular, duzlar istehsal edən güclü zavodlar fəaliyyət göstərir. Qarşıya qoyulan planların yerinə yetirilməsi və xalq təsərrüfatının kimyalaşması elmi-tədqiqat işlərinin hərtərəfli genişlənməsini, təcrübə qurğularının təkmilləşməsinə tələb edir. Hazırda kimya sənayesinin hərtərəfli inkişafı davam etdirilir. Yeni-yeni zavodlar qurulur. Bu zavodların təchiz olunması üçün daha müasir aparat və qurğular tələb olunur. Ona görə də kimya sənayesinin inkişafı ilə yanaşı kimya maşınqayırma sənayesi də sürətlə inkişaf edir. Böyük kimya kombinatlarının yaranması ilə xammaldan kompleks şəkildə istifadə etmək problemi həll

edilir. İndi mineral maddələr istehsal edən kimya zavodlarında müxtəlif üzvi maddələr də istehsal olunur. Bu da ağır sənayenin müxtəlif sahələrində kombinəolunmuş müəssisələrin yaradılması üçün zəmin yaradır. Bu məqsədlə elmi müəssisələrin miqyası daha da genişlənir. Ali məktəblərdə elmi-tədqiqat işləri yeni inkişaf mərhələsinə daxil olur. Beləliklə də, kimya və kimya texnologiyası öz sürətli inkişafı ilə xalq təsərrüfatının maddi – texniki bazasının yaradılmasında əsas rol oynayır.

Kimya sənayesinin əhəmiyyəti

Kimya və kimya texnologiyasının əsas məqsədi xalq təsərrüfatının maddi-texniki bazasının yaradılmasını təmin etməkdir. Elə kimyanın Ən böyük əhəmiyyəti də bundadır. Bu məqsədlə kimya sənayesi xalq təsərrüfatına minlərlə kimyəvi məhsullar verir. Hazırda məlum bir faktdır ki, kimya məhsulları olmadan müasir cəmiyyət mövcud ola bilməz. Kimya təbiətdə olan təbii xammalların emal üsullarını işləyib tətbiq etməklə xalq təsərrüfatını təbiətdə olmayan maddələrlə təmin edir. Ölkəmiz tükənməyən kimyəvi xammallarla zəngindir. Neft, müxtəlif faydalı qazıntılar, filizlər, təbii qazlar, mineral duzlar və bir çox başqaları xalq təsərrüfatına lazım olan kimyəvi məhsullara emal olunur.

Məsələn, koks olmadan metallurgiya proseslərini və onunla bağlı olan maşınqayırma sənayesini təsəvvür etmək olmaz. Neftdən alınan benzin, liqroin və digər mühərrik yanacaqları olmazsa, təyyarə və avtomobil nəqliyyatının hərəkəti mümkün deyildir. Kimyəvi metodların köməyi ilə müxtəlif metallar əldə edilir ki, bu da ölkənin sənayeləşdirilməsinin əsasıdır.

Kimyəvi yollarla metalın və metal məmulatlarının korroziyadan qorunması xalq təsərrüfatını milyon manatlarla itkidən xilas edir. Təbii qazlardan sənayedə və məişətdə yanacaq kimi istifadə olunur. Təbii qaz qiymətli xammal he-

sab edilir. Neftin, təbii qazların, Daş kömürün, torfun və şislərin emalı nəticəsində alınan üzvi maddələr əsasında boyalar, laklar, dərman maddələri, spirtlər, partlayıcı maddələr və digər əhəmiyyətli kimya məhsulları istehsal olunur.

Yanacaqların emalından yüksək molekul kütləli sintetik qatranlar, sintetik kauçuklar və sintetik liflər alınır.

Sintetik materialların kənd təsərrüfatı xammallarına əlavə edilməsi müxtəlif geyimlərin, ayaqqabıların, parçaların istehsalını artırmaqla yanaşı, həm də onlara gözəl xarici görkəm, yüksək keyfiyyət və s. verir. Belə materiallardan hazırlanmış geyim əşyaları daha davamlı və iqtisadi cəhətdən əlverişli olur.

Digər kimyəvi məhsullar da böyük əhəmiyyətə malikdir. Məsələn, təbii qaz və kömür, su və havadan istifadə etməklə kimya zavodlarında ammoniyak və nitrat turşusu alınır ki, bu da azotlu gübrələr istehsalının əsasını təşkil edir. Nitrat turşusu əsasında müxtəlif sintetik materiallar, partlayıcı maddələr, boyaqlar və s. də istehsal olunur.

Sulfat turşusu tətbiq olunmayan sənaye sahəsi tapmaq çətinidir. Təbii kükürd kolçedanından alınan sulfat turşusu fosforlu gübrələr istehsalında, metallurgiyada, sintetik və plastik materialların alınmasında, neft məhsullarının təmizlənməsində, üzvi sintez sahəsində, göndəri və yeyinti sənayesində, nəqliyyatda (akkumulyatorların doldurulması) və s. işlədilir. Sulfat turşusunun bir sıra duzları toxuculuq işlərində, suyun təmizlənməsi və digər sahələrdə geniş tətbiq olunur.

Ağacı kimyəvi emal etməklə kağız, plastik kütlələr, ipək, ştapel, tüstüsüz barıt, aktiv kömür, sirkə turşusu, metil və etil spirtləri, skipidar, kanifol, aseton və s. kimi qiymətli məhsullar alınır.

Atom enerjisi almaq üçün lazım olan radioaktiv maddələri kimyəvi metodlarla almaq mümkündür.

Hazırda kimya sənayesi ən ucuz təbii xammallardan çox qiymətli kimyəvi məhsullar alır. Məsələn, adi xörək

düzündən xlorid turşusu, soda, kaustik soda, xlor və s. alınır. Xörək duzu tətbiq etməklə alüminium, şüşə, sabun, kağız, pambıq və ipək parçalar, plastik kütlələr, süni liflər və s. almaq mümkündür.

İndiki şəraitdə xalq təsərrüfatının kimyalaşması xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Kimyalaşma dedikdə – kimyəvi maddələrin, proseslərin və metodların xalq təsərrüfatına tətbiqi başa düşülür. Müasir kənd təsərrüfatının intensiv inkişaf etdirilməsi üzvi və mineral gübrələrin tətbiqi olmadan mümkün deyil. Bundan başqa, kimya sənayesi bitkiləri xəstəlikdən və zərərvericilərdən qoruyan zəhərli kimyəvi maddələr və müxtəlif herbisidlər də istehsal edir. Hesablamalara görə məlum olmuşdur ki, herbisidlər tətbiq edilmədikdə zərərvericilərin kənd təsərrüfatına vurduğu ziyan 5-6 milyard manat təşkil edir. Bu isə çox böyük itkidir. Bir sözlə, kimyanın imkanları tükənməzdir. Kimyəvi metodlarla təkcə neftdən 20 mindən çox, daş kömürdən isə daha çox üzvi maddə almaq mümkündür. Artıq kimya sənayesi 40 min adda müxtəlif kimyəvi məhsul istehsal edir.

I BÖLMƏ

KİMYA TEXNOLOGİYASININ ÜMUMİ NƏZƏRİ ƏSASLARI

I FƏSİL. ƏSAS TEXNOLOJİ ANLAYIŞLAR.

Kimyaçı texnoloq, yaxud mühəndis əsas texnoloji anlayışları və onların mahiyyətini bilməsə müxtəlif texnoloji proseslərdən baş çıxara bilməz. Ona görə də əsas texnoloji anlayışlarla tanış olaq.

Maya dəyəri. Hər bir müəssisə məhsul istehsal edərkən onun müvafiq miqdar xərci (məxarici) olur. Əgər bu xərc pul hesabı ilə götürülsə həmin xərc məhsulun *maya dəyəri* adlanır.

Müəssisənin bilavasitə istehsalatla əlaqədar xərcinə məhsulun *fabrik-zavod maya dəyəri* deyilir. Müəssisənin məhsulun fabrik - zavod maya dəyərində çəkdiyi xərc aşağıdakı xərclərin cəmindən ibarətdir:

1. Xammala, yarım məhsula və əsas materiallara sərf olunan xərc;
2. Yanacaq və elektrik enerjisinə sərf olunan xərc;
3. Əsas istehsal fəhlələrinin əmək haqqı;
4. Aşınmaya, yəni əsas istehsal fondlarının, binaların, tikililərin və təchizatın aşınmasına sərf olunan xərc;
5. Əsas istehsal fondlarının saxlanması və onların cari təmirini özündə birləşdirən sex xərcləri. Buraya həm də köməkçi və təmir edən fəhlələrin, inzibati - təsərrüfat işçilərinin əmək haqqı, əməyin mühafizəsinə və təhlükəsizlik texnikasına sərf olunan xərclər daxildir;
6. Ümumi zavod xərcləri.

Qeyd etmək lazımdır ki, əsas məhsulun maya dəyərini əsasən xammala (60-70%), yanacağa və elektrik enerjisinə (10%) sərf olunan xərclər təşkil edir. Əmək haqqı maya dəyərinin 4%-ni, aşınma 3-4%-ni təşkil edir.

Buradan aydın olur ki, məhsulun maya dəyəri xammalın və enerjinin tam istifadəsindən asılıdır. Ona görə də xammalın, yanacağın və elektrik enerjisinin qənaətlə işlənməsi məhsulun maya dəyərini aşağı salan əsas amillərdən biri hesab edilir.

Sərf əmsalı. Xammalın və enerji sərfinin alınan məhsulun vahid kütləsinə olan nisbətində *sərf əmsalı* deyilir və t/t , m^3/t , $kVt. s/t$ və $s.$ kimi ifadə olunur.

Xammaldan istifadə əmsalı. Kimyəvi proseslərin daha dərin çevrilmələrlə baş verməsi, başqa sözlə onun daha böyük həcmdə getməsi xammaldan istifadə əmsalını müəyyən edir və məhsulun çıxımına güclü təsir göstərir. Xammaldan istifadə əmsalı xammalın çevrilmə dərəcəsi, məhsulun çıxımı və mürəkkəb proseslər üçün həm də seçiciliklə (bir istiqamətliklə) xarakterizə olunur.

Çevrilmə dərəcəsi – maddənin reaksiyaya daxil olan miqdarının ümumi götürülmüş miqdarına nisbətində ölçülür. Tutaq ki, dönməyən reaksiya üzrə A maddəsi B maddəsinə çevrilir ($A \rightarrow B$). Əgər maddənin ilkin miqdarına G_{A_0} və reaksiyaya daxil olmayan miqdarını G_A ilə göstərsək reagentin çevrilmə dərəcəsi aşağıdakı formula ifadə olunur:

$$\chi = \frac{G_{A_0} - G_A}{G_{A_0}} \quad (1)$$

Məhsulun çıxımı – proses nəticəsində alınan məhsul miqdarının onun nəzəri hesablanmış miqdarına olan nisbətində deyilir.

Çıxım faizlə hesablanır:

$$\eta = \frac{G_{\text{həqiqi}}}{G_{\text{nəzəri}}} \cdot 100\% \quad (2)$$

Həmin düstur dönən proseslər üçün də tətbiq edilir və tarazlıq halındakı çıxımı ifadə edir: $A \leftrightarrow B$

$$\eta = \frac{G_{\text{tar}}}{G_{\text{nəz}}} \cdot 100\% \quad (3)$$

Dönməyən proseslərdə tarazlıq halındakı çıxım vahidə bərabər olduğu halda, dönən proseslərdə vahiddən az olur, çünki belə proseslərdə xammalın hamısı məhsula çevrilmir.

Bəzi kimyəvi proseslərdə xammal olaraq eyni zamanda bir neçə maddə götürülür. Bu halda çıxım xammallardan birinə nəzərən hesablanır. Məs., Ferrit üsulu ilə natrium hidroksid alanda çıxım ya natrium karbonata, yaxud da dəmir 3-oksiddə nəzərən hesablanır.

Seçicilik və ya istiqamətliklik eyni zamanda bir neçə paralel istiqamətdə baş verən mürəkkəb prosesləri xarakterizə edir. Belə proseslərdə bir neçə məhsul alınır. Bu məhsullardan biri əsas, qalanları isə əlavə məhsul adlanır.

Seçicilik (istiqamətliklik) – əsas məhsulun alınan bütün məhsullara nisbət ilə ölçülür. Əgər $A \rightarrow B$ və $A \rightarrow D$ paralel prosesləri gedərsə və B əsas məhsul, D isə əlavə məhsul olarsa, onda seçicilik:

$$\sigma = \frac{G_B}{G_B + G_D} \quad (4)$$

Burada: G_B - əsas məhsul,

G_D - əlavə məhsuldur.

Bəzən seçicilik, əsas məhsulun G_B reaksiyaya daxil olan maddə miqdarına nisbəti kimi də təyin edilir:

$$\sigma = \frac{G_B}{G_{A_0} - G_W} \quad (5)$$

Burada $G_{A_0} - G_A$ fərqi- maddənin reaksiyaya daxil olan miqdarını göstərir.

Beləliklə aydın olur ki, seçicilik σ əsas məhsulun (B) xammalın (A) məhsula çevrilən hissəsinə nisbət ilə ölçülür. Onda çevrilmə dərəcəsi, çıxım və seçicilik arasında aşağıdakı əlaqəni yazmaq olar.

$$\sigma = \frac{\eta}{\chi} \quad \text{yaxud} \quad \eta = \sigma\chi \quad (6)$$

Deməli, çıxımın çevrilmə dərəcəsinə nisbət ilə ölçülən kəmiyyətə *seçicilik* deyilir.

Elektrokimyəvi və elektrotermik proseslərdə çıxım cərəyanı görə hesablanır və cərəyandan *istifadə əmsali* (A) adlanır.

Cərəyanı görə çıxım alınan məhsul miqdarının m Faraday qanunlarına görə hesablanmış nəzəri miqdarına (m_1) nisbət ilə ölçülür və faizlə hesablanır:

$$A = \frac{m}{m_1} \cdot 100\% \quad (7)$$

m , m_1 – dən həmişə az olduğuna görə çıxım da 100%-dən aşağı olur. Bu da sərf olunan cərəyanın bir qisminin istilik enerjisinə və digər əlavə proseslərə sərf olunması ilə izah edilir.

Kimya sənayesində qaz halında olan maddələrlə aparılan kimyəvi (həm də fiziki) proseslər başqa proseslərdən bir qədər fərqlənir. Ona görə də belə proseslərdə çıxım kontakt dərəcəsi (katalizatorla kontakt) və ya çevrilmə dərəcəsinə görə hesablanır. Bu zaman hesablanan çıxım kontakta verilən xammalın (qaz qarışığının) bir dəfə sintez aparatından (reaktordan) keçirilməsi nəticəsində alınan məhsulun miqdarını göstərir. Məsələn, $N_2 + 3H_2$ qarışığından ammoniyakın sintezində kontakt və ya çevrilmə dərəcəsi 16-20%, yaxud $CO + 2H_2$ qarışığından metanol alanda çevrilmə dərəcəsi

cəsi 25-27% olur ki, bu da həmin proseslərin uyğun çıxımlarını göstərir.

Məhsuldarlıq və güc. Maşın, aparat, sex və zavodların effektiv işlənməsini xarakterizə edən əsas göstərici məhsuldarlıqdır.

Vahid zamanda alınan məhsulun və ya emal olunan xammalın miqdarına məhsuldarlıq deyilir. Məhsuldarlıq kq/saat, t/gün, m³/gün vahidləri ilə ölçülür:

$$M = G \tau \quad (8)$$

Məsələn, ammonyak sintez edən kontakt aparatının məhsuldarlığı bir gündə alınan maye ammoniyakın kütləsi ilə ölçülür (t/gün).

Məhsuldarlıq başlıca olaraq prosesin sürətindən asılıdır. Sürət artanda məhsuldarlıq da artır.

Aparatın vahid zamandakı maksimal məhsuldarlığı onun gücü adlanır. Maksimal məhsuldarlıq isə yalnız optimal şəraitdə əldə edilir.

İntensivlik. Eyni kimyəvi proseslər üçün nəzərdə tutulan aparat və qurğuların işini müqayisə etmək üçün intensivlikdən istifadə edilir.

Aparatın məhsuldarlığının onun həcminə və ya en kəsiyin nisbətində intensivlik deyilir. İntensivlik 1 saat ərzində alınan məhsulun kiloqramlarla miqdarının aparatın vahid həcminə olan nisbətə ilə ölçülür. Prosesin intensivliyinin sənyədə çox böyük əhəmiyyəti vardır. İntensivlik artdıqda prosesdə iştirak edən aparatların həcmi kiçiltməyə imkan yaranır. Bu da apparata kapital qoyuluşunu azaldır və alınan məhsulun maya dəyərini aşağı salır. İntensivlik prosesin sürətindən asılıdır və məhsul çıxımının maddələrin aparatda qalma müddətinə olan nisbətini göstərir. Prosesin intensivliyi aparatın məhsuldarlığına və onu xarakterizə edən əsas vahidlərdən birinə nəzərən hesablanır. Məsələn, stiroil istehsalında reaktorun intensivliyi 1 saat ərzində onun 1 m³

həcmindən alınan stirolun kq-larla miqdarını göstərir. Pirit yandıran peçin intensivliyi isə vahid zaman ərzində peç səthinin 1 m²-də yandırılan piritin miqdarı ilə ölçülür.

Ammonyak sintezində azot-hidrogen qarışığı bir dəfə kontakt aparatından buraxıldıqda çıxım 16-20% olduğu halda, intensivliyi artırmaq vasitəsilə, qaz qarışığını dəfələrlə aparatdan keçirdikdə çıxımı 98%-ə çatdırmaq olur.

Regenerasiya və rekuperasiya. Xammala qənaət etmək, bununla da məhsulun maya dəyərini aşağı salmaq məqsədilə texnikada regenerasiya və rekuperasiya proseslərindən istifadə edilir.

Texnoloji prosesdə işlənmiş maddələrin xassələrini müəyyən üsullarla bərpa edib, yenidən istifadə üçün yararlı hala salma prosesinə regenerasiya deyilir. Buna misal olaraq öz aktivliyini prosesdə itirmiş katalizatorun aktivliyini bərpa edib yenidən prosesə qaytarmağı göstərmək olar. Belə prosesləri yerinə yetirən aparatlara *regeneratorlar* deyilir. Bir çox regenerasiya proseslərində katalizator öz əvvəlki aktivliyini, yaxud maddə öz ilkin xassələrini tamamilə bərpa edir.

Proses zamanı sərf olunmuş maddənin bir hissəsinin (bəzən alınan məhsulun bir hissəsinin) yenidən apparata qaytarılması prosesinə rekuperasiya deyilir.

Bəzi həlledici buxarlarının prosesdən çıxandan sonra tutulub yenidən prosesə qaytarılmasını, alınan benzinin bir hissəsinin suvarmaq üçün rektifikasiya kalonuna qaytarılmasını rekuperasiyaya misal göstərmək olar.

Kauçuk və plastik kütlələr istehsalında istifadə edilən həlledicilərin bir hissəsinin tutulub yenidən istehsalata qaytarılması xüsusi rekuperasiya qurğularının vasitəsilə həyata keçirilir. Sənayedə istilik mənbəyi kimi istifadə olunan peç qazlarının istiliyindən istifadə etmək prosesləri də (istilik-dəyişdiricilərdə) rekuperasiya və regenerasiya üsulları ilə həyata keçirilir.

Kimya texnologiyasının əsas qanunauyğunluqları

Kimya texnologiyası kimya, fizika və mexanikanın qanunauyğunluqlarına əsaslanır. Texnoloji proseslər bir-birilə qarşılıqlı əlaqədə olan üç mərhələdən ibarətdir:

1. Reaksiya komponentlərinin reaksiya zonasına daxil edilməsi.
2. Kimyəvi reaksiyaların başlanması və başa çatması.
3. Reaksiya məhsullarının reaksiya zonasından xaric edilməsi. Bu mərhələləri qısaca da olsa nəzərdən keçirək:

Reaksiya komponentlərinin reaksiya zonasına daxil edilməsi molekulyar diffuziya və ya konveksiya yolu ilə həyata keçirilir. Əgər reaksiya qarışığı intensiv qarışdırılarsa konvektiv proses turbulent diffuziya adlanır. Çoxfazlı sistemlərdə reagentlərin reaksiya zonasına daxil edilməsi adsorbsiya, bərk maddələrin əridilməsi, qazların desorbsiya edilməsi, mayələrin buxarlandırılması və s. kimi müxtəlif yollarla əldə edilir. Bu proseslərin əsasını diffuziya təşkil edir. Diffuziya zamanı maddələrin bir fazadan başqa fazaya keçməsi prosesi baş verir ki, buna da *kütlə ötürmə* deyilir.

Kimya sənayesində baş verən kimyəvi reaksiyalar çox müxtəlifdir. Kimyəvi reaksiyalar zamanı xalq təsərrüfatı üçün böyük əhəmiyyət kəsb edən əsas məhsullar, əlavə məhsullar və nisbətən az əhəmiyyətli tullantılar əmələ gəlir. həmin tullantılar həm əsas məhsullar, həm də əlavə reaksiya məhsulları ilə birlikdə alınır. Aparılma şəraitindən asılı olaraq reaksiyaları aşağıdakı qruplara bölmək olar:

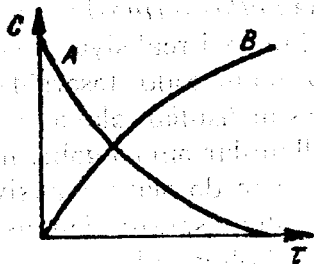
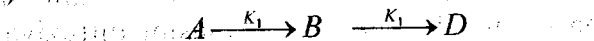
1) izotermik və qeyri-izotermik reaksiyalar, 2) sabit həcmdə və dəyişən həcmdə (təzyiqdə) gedən reaksiyalar, 3) adiabatik və qeyri-adiabatik reaksiyalar, 4) mono-, di- və polimolekulyar reaksiyalar, 5) homogen və heterogen reaksiyalar. Homogen reaksiyalarda qarşılıqlı təsirdə olan komponentlər bir fazada, heterogen reaksiyalarda isə müxtəlif fazalarda olur.

Başvermə mexanizminə görə reaksiyalar sadə, ardıcıl (konsekutiv) və paralel olur. Göstərilən reaksiyalar dönən və dönməyən ola bilər. Əgər dönməyən sadə reaksiya baş verirsə ($A \rightarrow B$) zamana görə A maddəsinin qatılığı getdikcə azalır, B maddəsinin qatılığı isə artır. Müəyyən bir anda A maddəsi tam sərf olunduğundan reaksiya dayanır, yəni başa çatır.

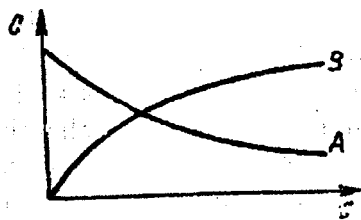
Dönən sadə reaksiyalarda isə ($A \leftrightarrow B$) zaman keçdikcə A maddəsinin qatılığı azalır, B maddəsinin qatılığı artır. Dönməyən reaksiyalardan fərqli olaraq bu halda elə bir an çatır ki, sistemdə tarazlıq yaranır və şərait sabit olduqda A və B maddələrinin qatılıqları da dəyişmir.

Bu reaksiyalarda maddələrin qatılıqlarının zamandan asılı olaraq dəyişməsi aşağıdakı qrafiklərdə göstərilir (şəkil 1, 2).

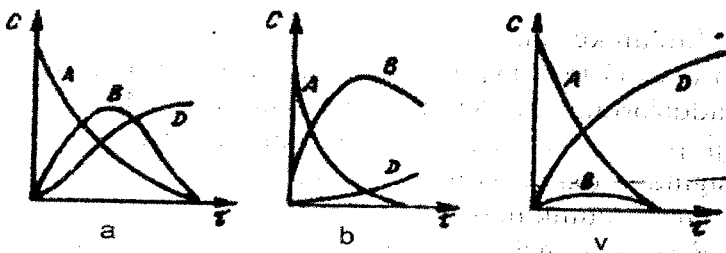
Ardıcıl reaksiyalar mərhələ ilə gedir. Yəni ilkin maddələrdən əvvəlcə aralıq maddə, ondan isə son məhsul alınır (şəkil 3).



Şəkil 1. Dönməyən sadə reaksiyalarda reagentlərin qatılıqlarının zamandan asılı olaraq dəyişməsi.



Şəkil 2. Dönən sadə reaksiyalarda reagentlərin qatılıqlarının zamandan asılı olaraq dəyişməsi.



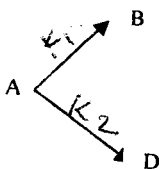
Şəkil 3. Dönməyən ardıcıl reaksiyalarda reagentlərin qatılıqlarının zamandan asılı olaraq dəyişməsi

K_1 – birinci, K_2 – ikinci mərhələnin sürət sabitidir.

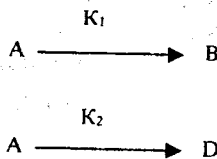
Reaksiya prosesində A maddəsi tədricən sərf olunur. Əvvəlcə artmaqda olan B maddəsinin qatılığı D maddəsinə çevirmə hesabına tədricən azalır və B maddəsinin qatılığı maksimumdan enməyə başlayır (şəkil 3a). Zaman keçdikcə D maddəsi toplanır və B maddəsi tam sərf olunur.

B maddəsinin qatılığı (miqdarı) birinci (K_1) və ikinci reaksiyanın (K_2) sürət nisbətindən (K_1/K_2) asılıdır. Əgər birinci reaksiyanın sürəti ikinci reaksiyanın sürətindən böyükdürsə, B maddəsi tamamilə D maddəsinə çevrilir və reaksiya məhsulu B və D maddələrinin qarışığından ibarət olur (şəkil 3 b). əgər ikinci reaksiyanın sürəti birinci reaksiyanın sürətindən böyükdürsə B maddəsi tamamilə D maddəsinə çevrilir (şəkil 3 c).

Paralel reaksiyalar zamanı ilkin maddə bir neçə istiqamətdə reaksiyaya daxil olur. Sadə halda paralel reaksiyaların sxemini aşağıdakı kimi göstərmək olar:



vaxud



Zaman keçdikcə A maddəsi tamamilə sərf olunur, əvəzində B və D maddələri alınır. Yəni reaksiya məhsulu B və D maddələrinin qarışığından ibarət olur (şəkil 4). Əksər texnoloji proseslərdə reaksiya məhsulu müxtəlif maddələrin qarışığından ibarət olduğundan onları ayırmaqla əsas məhsulu almaq mümkün olur.

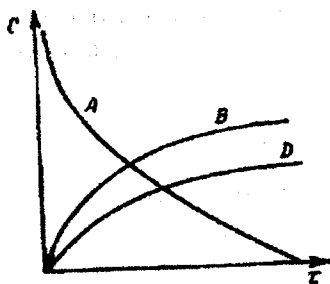
Reaksiya məhsullarının reaksiya zonasından çıxarılması diffuziya yolu ilə əldə edilir. Bu halda da kütləötürmə və konveksiyadan istifadə olunur.

Texnoloji prosesin ümumi sürətini limitləşdirmək üçün aşağıdakı üç şərtdən istifadə edilir:

a) kimyevi reaksiya çox yavaş gedir və prosesin ümumi sürətini müəyyən edirsə, proses kinetik zonada gedir;

b) prosesin ümumi sürətini reagentlərin reaksiya zonasına daxil edilməsi və ya məhsulların zonadan çıxarılması müəyyən edirsə proses diffuziya zonasında gedir;

c) texnoloji prosesin bütün mərhələlərinin sürətini ölçmək mümkün olursa sistemə elə faktorla təsir etmək lazımdır ki, o diffuziyayı və reaksiyanı sürətləndirir. Bu məqsədlə qatılıq və tempera-



Şəkil 4. dönməyən paralel reaksiyalarda reagentlərin qatılıqlarının zamandan asılı olaraq dəyişməsi.

turu artırmaq lazımdır.

Prosesin sürəti aşağıdakı formullarla ifadə olunur:

a) hamogen reaksiyalarda prosesin sürəti kütlələrin təsiri qanununa əsaslanır:

$$U = \frac{dm}{d\tau} = K \cdot \Delta c \quad (9)$$

b) heterogen proseslərdə reaksiyanın sürəti faza keçidlərini nəzərə almaqla hesablanır. Bu halda kütləötürmə tənliyi Nyutonun istilikötürmə tənliyinə oxşayır:

$$U = \frac{dm}{d\tau} = K \cdot F \cdot \Delta c \quad (10)$$

Kinetik sahədə gedən heterogen proseslərin sürəti (9)tənliyinə tabe olur.

Əksər proseslərdə reaksiyanın sürəti ilkin maddələrin qatılıqlarının dəyişməsinə görə hesablanır:

$$U = \frac{dm_{ilk}}{d\tau} = K \cdot F \cdot \Delta c \quad (11)$$

və ya

$$U = \frac{dm_{ilk}}{d\tau} = K \cdot \Delta c \quad (12)$$

K – homogen sistemlərdə sürət sabiti, heterogen sistemlərdə kütləötürmə əmsaludur. K – mürəkkəb parametrlər olub, reaksiyaya daxil olan maddələrin kimyəvi və fiziki xassələrindən, aparatların konstruksiyasından, reaksiya kütləsinin axın sürətindən və homogen mühitdə komponentlərin qarışma dərəcəsindən asılıdır.

F – heterogen sistemdə qarşılıqlı təsirdə olan fazalar səthidir.

(11) və (12) tənliklərindən K -na tapsaq

$$K = \frac{m}{\tau \cdot F \cdot \Delta c} \quad (13)$$

Burada: m – kq-larla, τ - saatlarla, F – m²-lə və Δc – kq/m³-lə ölçüldükdə K – kq/m²· saat, kq/m³ və ya t/saatla ölçülür.

F – əvəzinə aparatın həcmi götürsək K 1/saatla ölçülər.

Reaksiyanın sürətini artırmaq üçün hər şeydən əvvəl prosesin sürətini müəyyən edən parametrləri (Δc , K və F) artırmaq lazımdır. Bu məqsədlə Ən optimal şərait seçilir.

Prosesin hərəkətverici qüvvəsini artırmaq üçün aşağıdakı üsullardan istifadə edilir:

a) reaksiyaya daxil olan komponentlər qatılığının xammalda artırılması;

b) reaksiya zonasından reaksiya məhsullarının çıxarılması;

c) temperaturu və təzyiği dəyişməklə kimyəvi tarazlığın yerdəyişməsi.

Bunları ayrılıqda nəzərdən keçirək.

Reaksiyaya daxil olan komponentlərin xammaldakı qatılığı materialın aqreqat halı ilə müəyyən olunur.

Bərk materialdakı faydalı komponentin qatılığının artırılması *zənginləşdirmə* (səh.83), bu prosesi maye və qazlara tətbiq etdikdə isə *qatılaşıdırma* adlanır.

Göstərilən üsullarla xammalın zənginləşdirilməsi həm də, qarışıqların ayrılması hesabına məhsulun keyfiyyətinin yaxşılaşmasına səbəb olur.

Reaksiya məhsullarının reaksiya zonasından çıxarılması prosesin ümumi sürətini artırır $U = \vec{U}_1 - \vec{U}_2$. Bu \vec{U} -nin (tərsinə reaksiyanın sürətinin), heterogen sistemlərdə isə prosesin hərəkətverici qüvvəsinin hesabına əldə edilir:

$$\Delta c = C_h - C_i \quad (14)$$

Burada: C_h – komponentlərin həqiqi qatılığı,

C_i – həmin komponentlərin tarazlıq qatılığıdır.

Kimyəvi texnologiyanın qanunauyğunluqlarını bilmək və onu istehsalata tətbiq etmək, prosesi effektiv həyata keçirməyə imkan verir, məhsulun çıxımını artırır, keyfiyyətini yaxşılaşdırır və intensivliyini yüksəldir. Ona görə əsas qanunauyğunluqları həm mövcud istehsal sahələrinə tətbiq etmək, həm də yeni istehsalın təşkilində onlardan istifadə etmək lazımdır.

Qaz qarışığındakı reaksiya məhsulunun reaksiya zonasından çıxarılması üçün onlar kondensləşdirilir, adsorbsiya,

yaxud absorbsiya olunur. Məhsuldan ayrılan qaz qarışığı yenidən sistemə qaytarılır (sirkulyasiya edir). Ammonyakın və bir sıra spirtlərin istehsalı buna misal ola bilər.

Maye qarışığından reaksiya məhsulunun ayrılması məhsulun xassələrinə əsaslanır. Bu məqsədlə reaksiya məhsulu kristallaşdırılaraq çökdürülür, desorbsiya olunur (buxarlandırılır) və bərk maddə üzərində adsorbsiya olunur (sonra qızdırdıqda adsorberdən desorbsiya olunur). Əsas məhsulu çökdürmə yolu ilə ana məhluldan ayırdıqdan sonra ana məhlul prosesə qaytarılır. Bu üsul ən çox duz istehsalında (məs. KCl) tətbiq olunur. Həll olan maddə buxarlarının desorbsiya olunması qazların təmizlənməsi zamanı həlledici tutumunun artmasına səbəb olur.

Məsələn, koks qazlarının emalı zamanı benzolun sol-yar yağından desorbsiyası bu yolla həyata keçirilir (səh. 230).

Temperaturun tənzim olunması prosesin əsas hərəkətverici qüvvəsini artırır. Ona görə də temperaturun tənzim olunması sorbsiya və desorbsiya proseslərində daha böyük rol oynayır.

Temperatur və təzyiqin eyni vaxtda tənzim olunması hərəkətverici qüvvə C_h -nin artması və C_l -in azalması hesabına artır. Bütün hallarda qaz komponentinin sorbsiya təzyiqinin artması (C_h -ı artırır) temperaturun, eləcə də məhlul üzərində C_l -in azalması ilə nəticələnir. Desorbsiya isə, əksinə, temperaturun artması (C_h -nin artması) və təzyiqin azalması (C_l -in azalması) ilə nəticələnir.

Temperaturu yüksəltməklə tarazlığın yerdəyişməsi üsulu da texnoloji proseslərdə geniş yayılmışdır. Bu yolla prosesin hərəkətverici qüvvəsini Δc , həm də onun sürətini $dm/d\tau$ artırmaq mümkün olur.

Məlumdur ki, qaz fazada təzyiq artdıqda vahid həcmdəki hissəciklərin sayı və beləliklə də fəal toqquşmaların sayı artır. Yəni reaksiyanın sürəti artır. Buradan belə nəticə çıxır ki, qaz qarışığında gedən prosesdə təzyiqin artması

prosesin sürətinə qaz komponentlərinin qatılığının artması təsir göstərir. Qatılığın birbaşa artırılması mümkün olmayanda, yaxud da əlverişli olmayanda yüksək təzyiqdən istifadə olunur. Məsələn, ammonak və metanol sintezində, nitrat turşusu istehsalında, yüksək təzyiqdən istifadə edilir.

Texnoloji proseslərdə sistemin hərəkətverici qüvvəsi kimi temperaturun tənzim edilməsi sorbsiya və desorbsiya proseslərində tətbiq olunur. Temperatur və təzyiği eyni zamanda tənzim etdikdə prosesin hərəkətverici qüvvəsi $\Delta c = C_h - C_l$ ya C_h -nin artması, ya da C_l -in azalması hesabına artır. Temperaturun artması prosesin sürət sabitinin K artmasına səbəb olur. Sürət sabiti həmçinin katalizatorun iştirakı və reaksiya kütləsinin qarışdırılması ilə də artır.

Temperaturun artmasının sürət sabitinə təsiri əksər proseslər üçün *Arrhenius* tənliyi ilə müəyyən olunur.

$$K = K_0 \cdot e^{-\frac{E}{RT}} \quad (15)$$

Hesablamalara tətbiq etmək üçün bu tənliyin bir qayda olaraq loqarifmik formasından istifadə edilir:

$$2,31 \lg \frac{K_2}{K_1} = \frac{E}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (16)$$

Burada: K , K_0 , K_1 və K_2 müvafiq T , T_0 , T_1 , T_2 mütləq temperaturlarda sürət sabiti, e – natural loqarifmin əsası, E – reaksiyaya daxil olan maddələrin aktivləşmə enerjisi, R – qaz sabitidir. (16) tənliyindən istifadə etməklə E və K_1 məlum olduqda hər hansı bir T_1 temperaturda K_2 -ni istənilən T_2 temperaturu üçün müəyyən etdikdən sonra prosesin temperatur əmsalını (γ) hesablamaq olar. Əksər reaksiyalar üçün γ daxil olan *Vant-Hoff* formulundan istifadə edilir:

$$U_{T_2} = U_{T_1} \cdot \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}} \quad (17)$$

Yəni prosesin temperaturunu hər 10°C artdıqda, onun sürəti 2 – 4 dəfə artır. Temperatur əmsalı γ - T_2 temperaturdakı sürətin (U_{T_2}) T_1 temperaturdakı sürətə (U_{T_1}) nisbəti kimi müəyyən olunur:

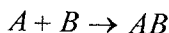
$$\gamma = \frac{U_{T_2}}{U_{T_1}} \approx 2 \div 4$$

Katalizatorun iştirakı ilə sürət sabitinin artırılması kimya sənayesində çox geniş yayılmışdır.

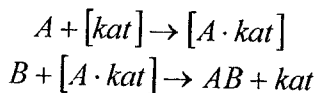
Katalizatorlar aktivləşmə enerjisi E böyük olan bir-mərhələli prosesləri aktivləşmə enerjisi kiçik olan iki və daha çox mərhələli edir.

Hər bir mərhələnin aktivləşmə enerjisi $e_1, e_2 \dots E$ -dən çox-çox kiçik olur.

Katalitik proseslərin sxemini aşağıdakı tənliklərlə ifadə etmək olar. Katalizatorsuz reaksiya ya baş vermir, ya da zəif gedir.



Bu reaksiyanın aktivləşmə enerjisi E çox böyükdür. Katalizator iştirakında bu proses iki ardıcıl mərhələdən ibarət olur.



Hər mərhələnin aktivləşmə enerjisi (e_1 və e_2) çox-çox kiçik olur.

Bu reaksiyanın katalizator iştirakında ümumi ümumi aktivləşmə enerjisi formul (18) ilə ifadə olunur:

$$E_{kat} = \frac{1}{\frac{1}{e_1} + \frac{1}{e_2}} \ll E \quad (18)$$

Reaksiya kütləsi qarışdırıldıqda kütləötürmə əmsalı və prosesin sürət sabiti artır. Bu zaman molekulyar diffuziya

konvektiv diffuziya ilə əvəz olunur. Başqa sözlə, komponentlərin qarşılıqlı təsirinə diffuziya müqaviməti azalır. qarışdırma sürətli olduqda proses diffuziya zonasından kinetik zonaya keçir və prosesin sürət sabiti K aşağıdakı formulla hesablanır:

$$K = f(D_1, D_2, \dots, D'_1, D'_2) \quad (19)$$

Burada: D_1, D_2 heterogen sistemlər üçün ilkin maddələrin keçid və diffuziya əmsalı, D'_1 və D'_2 reaksiya məhsullarının diffuziya əmsalıdır.

Homogen sistemlərdə isə yaxşı qarışdırma zamanı reaksiya komponentlərinin bir-birinə diffuziyası tez baş verir və ona görə də prosesdə diffuziya əmsalı rol oynamır. Onda prosesin sürət sabiti (K) düzünə (K_1), tərsinə (K_2), əlavə baş verən düzünə (K'_1) və əlavə baş verən tərsinə (K''_2) reaksiyaların sürət sabiti ilə müəyyən olunur:

$$K = f(K_1, K_2, K'_1, K''_2) \quad (20)$$

Bəzən elə olur ki, sürət sabiti (kütləötürmə əmsalı) ancaq bir diffuziya əmsalı ilə (məsələn, D_1) müəyyən olunur.

$$K = \frac{D_1}{\delta} \quad (21)$$

δ - diffuziya təbəqəsinin qalınlığıdır.

Texnoloji proseslərdə kimyəvi tarazlıq

Kimyəvi-texnoloji prosesləri aparmaq üçün prosesin hansı həcmdə (tam və ya qeyri-tam) getməsinə və onun tarazlıq şərtini bilmək lazımdır.

Bunu müəyyən etmək üçün prosesin tarazlıq halını, ya da onun statikasını öyrənmək lazım gəlir. Dinamik tarazlıq zamanı düzünə reaksiyanın sürəti tərsinə reaksiyanın sürə-

tinə bərabər olur. Belə sistemdə komponentlərin nisbəti həmişə sabit qalır. Bu nisbət yalnız xarici şərait (temperatur, təzyiq və qatılıq) dəyişdikdə dəyişir. Xarici şərait dəyişdikdə kimyəvi tarazlığın dəyişməsi hesabına öz-özünə kimyəvi və diffuziya prosesləri başlanır. Nəticədə kimyəvi tarazlıq yeni şəraitdə yaranır.

Xarici şəraitin dəyişməsinin kimyəvi tarazlığın yerdəyişməsinə təsiri Le-Şatelye prinsipi ilə müəyyən olunur. Bu prinsipə görə:

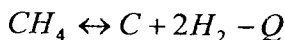
a) dönən reaksiya istiliyin ayrılması ilə baş verirsə tarazlığın soldan sağa yerdəyişməsi üçün onu aşağı temperaturda aparmaq lazımdır.

Məsələn:



Başqa sözlə ayrılan istiliyi sistemdən kənar etmək lazımdır;

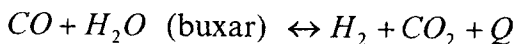
b) reaksiya istiliyin udulması ilə gedirsə, tarazlığın sağa yerdəyişməsi üçün reaksiyanı yüksək temperaturda aparmaq lazımdır. Məsələn:



Bu reaksiyada tarazlığın hidrogen alınması istiqamətində yerdəyişməsi üçün sistemə istilik vermək tələb olunur.

c) reaksiya həcmi azalması ilə gedirsə tarazlığın soldan sağa yerdəyişməsi üçün təzyiqin yüksəlməsi, həcmi artması ilə gedirsə təzyiqin azalması tələb olunur.

q) reaksiya həcmi dəyişməməsi ilə gedirsə, təzyiq tarazlıq halına təsir etmir. Məsələn:



Tarazlığın yerdəyişməsinə, qatılığın dəyişməsi də təsir göstərir. Çevrilmə dərəcəsini artırmaq üçün ya reaksiyaya daxil olan maddələrin qatılığını artırmaq, yaxud reaksiya məhsullarının mühitdəki qatılığını azaltmaq lazımdır. Axı-

rıncı, reaksiya məhsullarından birini mühitdən çıxarmaqla əldə edilir.

Texnoloji proseslərin sürəti *tarazlıq sabiti* ilə xarakterizə olunur.

Dinamiki tarazlıq sabiti K düzünə və tərsinə reaksiyaların sürətlərinin nisbəti kimi göstərilir:



\vec{U}_1 - düzünə reaksiyanın sürəti:

$$\vec{U}_1 = K_1 [A]^a \cdot [B]^b$$

\overleftarrow{U}_2 - tərsinə reaksiyanın sürəti:

$$\overleftarrow{U}_2 = K_2 [P]^p \cdot [D]^c$$

K_1 və K_2 düzünə və tərsinə reaksiyaların müvafiq sürət sabitləri, $[A]$, $[B]$, $[P]$ və $[D]$ uyğun olaraq A , B , P və D maddələrinin qatılığıdır. Tarazlıq halı yaranan anda düzünə və tərsinə reaksiyaların sürəti bir-birinə bərabər olur.

$$K_1 [A]^a \cdot [B]^b = K_2 [P]^p \cdot [D]^c$$

Burada:

$$K = \frac{K_1}{K_2} = \frac{[P]^p [D]^c}{[A]^a [B]^b} \quad (22)$$

Qaz halında olan maddələr arasında gedən reaksiyalar üçün komponentlərin qatılığı onların parsial təzyiqi ilə əvəz oluna bilər. Onda $K = K_p$

$$K_p = \frac{P_p^p \cdot P_D^c}{P_A^a \cdot P_B^b} \quad (23)$$

K_p -ni reaksiyaya daxil olan maddələrin qatılığı (K_c) və onların mol hissələri ilə (N) ifadə etmək olar. Onlar öz aralarında aşağıdakı kimi əlaqədardır:

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta N} \quad (24)$$

$$K_p = K_N P^{\Delta N} \quad (25)$$

Burada: P – qaz qarışığının ümumi təzyiqi;
 ΔN – qaz molekullarının çevrilməsidir.

$$\Delta N = P - (m + n) \quad (26)$$

Burada: m və n ilkin maddələrin stexiometrik əmsallarıdır.

İ F Ə S İ L. K İ M Y A T E X N O L O G İ Y A S I N I N İ N K İ Ş A F I N I N Ə S A S İ S T İ Q A M Ə T L Ə R İ. Q U R Ğ U L A R I N İ Ş İ N I N İ N T E N S İ V L Ə Ş D İ R İ L M Ə S İ

Hər bir aparat və ya qurğunun iş intensivliyi onların konstruksiyasının təkmilləşdirilməsindən asılıdır. Aparatın iş intensivliyini artırmağın texnoloji metodu temperaturun, təzyiqin və qatılığın artırılması, katalizatorun tətbiq olunması və reaksiyaya daxil olan kütlənin qarışdırılmasından ibarətdir.

Lakin bəzi kimyəvi-texnoloji proseslərdə əksinə, temperaturun və qatılığın aşağı salınması və prosesin vakuumda aparılması tələb olunur. Odur ki, texnoloji proseslər mütləq temperatur ilə bir neçə yüz min dərəcə intervalında aparılır. Təzyiq isə vakuumdan 2000 atm-ə qədər dəyişir. Göstərilən parametrlərin dəyişməsi texnoloji prosesin və prosesdə iştirak edən reagentlərin xarakterindən, aparatların konstruksiyasından və intensivifikasiya faktorlarının effektivliyindən asılı olaraq seçilir.

İntensivləşdirmə müxtəlif yollarla əldə edilir. Bunlardan aşağıdakıları göstərmək olar:

1. Maşın və aparatların konstruksiyalarının təkmilləşdirilməsi.

2. Verilmiş aparatda texnoloji proseslərin təkmilləşdirilməsi.
3. Çətin proseslərin mexanikləşdirilməsi.
4. Proseslərin idarə olunmasının avtomatlaşdırılması.
5. Dövrü (fasiləli) proseslərin fasiləsiz proseslərə əvəz edilməsi.
6. Kimyəvi proseslərin tam getməsinin təmin edilməsi.
7. Reaksiyanın sürətinin artırılması.

Göstərilən faktorlardan bəzilərini nəzərdən keçirək.

Mexanikləşdirmə – *insanın fiziki əməyinin məşinlə əvəz edilməsinə deyilir*. Mexanikləşdirməni tətbiq etdikdə aparat və qurğunun əmək istehsalı onun işinin intensivləşməsi və işçi qüvvənin ixtisara düşməsi hesabına artır. Buradan aydın olur ki, ağır zəhmət tələb edən proseslərin mexanikləşdirilməsi nəinki kimya sənayesinin, habelə bütün xalq təsərrüfatının əsas vəzifəsi olmalıdır. Hazırda ölkəmizdə bir çox sənaye müəssisəsi artıq mexanikləşdirilmişdir.

Avtomatlaşdırma - dedikdə, bilavasitə insan iştirak etməyən, lakin onun nəzarəti altında işləyən cihazların tətbiq edildiyi istehsal prosesləri başa düşülür. Bu cihazların köməyi ilə texnoloji proseslərin parametrləri – təzyiq, temperatur, reagentlərin və köməkçi maddələrin sərfi müəyyən edilir. Bu da öz növbəsində texnoloji prosesin gedişinə fasiləsiz nəzarət etməyə imkan verir.

Prosesin avtomatlaşdırılması əsasən üç cihazın birgə iştirakı ilə mümkün olur: *ölçü cihazı, tənzimləyici cihaz və icraçı cihaz*. Ölçü cihazı texnoloji rejimin hər hansı bir parametrlərini ölçərək tənzimləyici cihaza bu haqda məlumat göndərir. Tənzimləyici cihaz ölçülmüş parametri verilmiş göstərici ilə müqayisə edir və düz gəlmədiyində halda icraçı cihaza komanda verir. Kimya sənayesində ölçü cihazı, adətən, ya temperaturu, ya reagentlərin qatılığını, ya da qazın (mayenin) çıxışdakı və ya girişdəki sürətini ölçür. İcraçı cihaz ölçü cihazının işini sanki yoxlayır və düzgün olmayan

haldə nəzarətçiyə məlumat verir. Beləliklə, prosesin avtomatlaşdırılması onun səhsiz və verilmiş proqram əsasında yerinə yetirilməsinə imkan yaradır. İnsan cihazlara yalnız nəzarət edir və lazım gəldikdə prosesi cihazlar vasitəsilə tənzimləyir. Bütöv bir istehsal prosesinin kompleks avtomatlaşdırılmasında müxtəlif qurğulardan istifadə olunur. Mürəkkəb proseslərdə elektron hesablama maşınlarından (EhM) istifadə edilir. EhM prosesin gedışı haqqında müxtəlif ölçü cihazlarından məlumat alır, optimal şəraiti hesablayır və icraçı cihaza komanda verir. Hazırda kimya sənayesində kibernetika geniş yer tutur.

Müasir şəraitdə istehsal texnologiyasının avtomat idarəetmə sistemi ilə idarə olunması problemi əsrin ən vacib məsələlərindəndir.

Bəzi hallarda istehsalatı tam avtomatlaşdırmaq ya mümkün olmur, ya da səmərəli hesab edilmir. Belə hallarda proses məsafədən idarə olunur. Bu sistemdə ölçü cihazı və icraçı cihazdan istifadə edilir. Tənzimləyicini isə insan əvəz edir. Göründüyü kimi, məsafədən idarəetmə sistemi tam avtomatlaşdırılmış sistem deyil, çünki, ölçü cihazının göstərişini icraçı cihazın vasitəsilə insan həyata keçirir.

Dövri proseslərin fasiləsiz proseslərlə əvəz edilməsi intensivləşdirmənin əsas amillərindən biridir.

Dövri proseslərdə xammal apparata doldurulur. Orada bir sıra mərhələləri keçir və məhsula çevrilir. Alınan məhsul və reaksiyaya daxil olmayan xammal aparatdan boşaldılır. Doldurma və boşaltma müddətində aparat dayandırılır. Aparatın iş rejimi tez-tez dəyişir və idarəetmə çətinləşir. Əvvəlcə temperatur və təzyiq yüksəlir, sonra temperatur və qatılıq azalır. Temperatur, təzyiq və qatılıq bütün dövr ərzində dəyişir. Ona görə də dövri prosesləri avtomatlaşdırmaq və mexanikləşdirmək çətin olur. Dövri proseslərə xidmət etmək böyük enerji sərfi tələb edir. Digər tərəfdən alınan məhsulun keyfiyyəti də yüksək olmur. Bir tsiklə sərf olunan vaxt da dövri proseslərdə fasiləsiz proseslərindəkindən çox

olur. Yuxarıda göstərilən çatışmayan cəhətləri aradan qaldırmaq, onlardan yaxa qurtarmaq üçün hazırda dövrü proseslər fasiləsiz proseslərlə əvəz edilir.

Fasiləsiz proseslərdə xammal arasıkəsilmədən apparata daxil olduğu kimi, məhsul da fasiləsiz olaraq aparatdan xaric olur. Bu halda texnoloji proseslər, köməkçi və nəqliyyat işləri ilə eyni zamanda baş verir. Aparatın hər bir nöqtəsində temperatur, təzyiq və qatılıq sabit olur. Ona görə də xammalın doldurulmasını, məhsulun boşaldılmasını mexanikləşdirmək və prosesi avtomatlaşdırmaq asandır. Fasiləsiz proseslərdə aparatların iş rejiminə nəzarət etmək daha sadədir. Bu proseslərdə məhsulun keyfiyyəti fasiləli proseslərdəkiyə nisbətən yüksək olur. Bu halda həm də tullantıdan və istilikdən istifadə etmək asandır. Kimya istehsalının əksəriyyəti artıq fasiləsiz proseslərlə təmin edilmişdir. Qalan proseslər də əvəz edilməkdə davam edir.

Qeyd etmək lazımdır ki, elə fasiləli proseslər vardır ki, onları fasiləsiz yerinə yetirdikdə, məhsulun keyfiyyəti pisləşir. Məsələn, daş kömürün koklaşması prosesi belə proseslərdəndir.

Cəvriilmə dərəcəsinin, çıxımın və seçiciliyin yüksək olması texnoloji proseslərin intensivliyinin yüksəlməsinə səbəb olur.

Ümumiyyətlə, texnoloji proseslərdə iştirak edən aparatlar o vaxt intensiv işləyir ki, onlarda baş verən proseslər daha tam olsun, dönən proseslərdə isə tarazlıq daha çox sağa, yəni əsas məhsulun alınması istiqamətində yerdəyişmiş olsun. Reaksiyanın istənilən istiqamətə yönəltmək üçün onun tarazlıq halını, yaxud statikasını öyrənmək lazımdır. Aparatın intensivliyi reaksiyanın sürəti ilə, dönən proseslərdə isə tarazlıq halının yaranma sürəti ilə mütənasibdir.

Hazırda bir sıra proseslərin effektiv işləməsinə və intensivliyini yüksəltmək üçün atom texnikası tətbiq edilir. Atom texnikasının tətbiqi ilə əvvəl əldə edilməyən yüksək tempe-

ratur almaq mümkündür. Radioaktiv izotopların köməyi ilə indii bir sıra prosesləri avtomatlaşdırmaq asanlaşır.

Texnoloji proseslərin sxemi

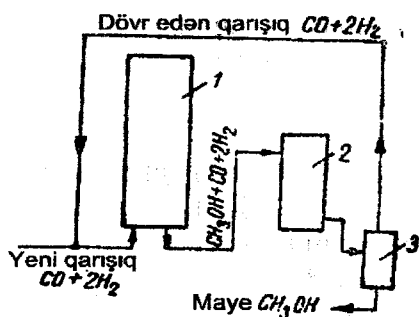
Kimyəvi texnoloji proseslərin əksəriyyəti çoxmərhələli olur. Həmin mərhələlər daxil olan reagentlərin və alınan məhsulun təbiəti, prosesin fiziki və kimyəvi şəraiti ilə bir-birindən fərqlənir.

Texnoloji proseslər zamandan asılı olaraq maddələrin axın istiqaməti və aparatların iş rejiminə görə üç qrupa bölünür.

1. Fasiləsiz proseslər.
2. Fasiləli (dövri) proseslər.
3. Kombinə edilmiş proseslər.

Fasiləsiz proseslərdə xammalın aparata daxil olması və məhsulun aparatdan xaric edilməsi fasiləsiz aparılır. Belə aparatlarda proseslər arasıkəsilmədən aylar, hətta illərlə davam etdirilir. Fasiləsiz proseslərin mərhələləri eyni zamanda aparılır və yalnız sahələrlə bir-birindən fərqlənir. Belə aparatların bütün nöqtələrində temperatur, qatılıq və təzyiq

sabit qalır. Neftin borulu qurğularda fasiləsiz diltilləsini, ammoniyakın sintez kalonlarında hidrogen və azotdan sintez prosesini, yaxud metanol istehsalını (şəkil 5) fasiləsiz proseslərə misal göstərmək olar. Xammal ($CO+2H_2$) prosesdə dövr edən qarışıqla birləşdirilərək kontakt aparatına (1) verilir. Qarışıq kontakt aparatında re-



Şəkil 5. Metanol istehsalında fasiləsiz prosesdən istifadə olunması:

1-kontakt aparatı, 2-soyuducu,
3-separator

aksiyaya daxil olur və qismən metanol alınır. Qaz qarışığının kontakt aparatından bir dəfə keçirilməsi nəticəsində onun 27-28%-i metanola çevrilir. Reaksiyaya daxil olmayan $CO+2H_2$ qarışığını prosesdə təkrarən dövr etdirməklə metanolun çıxımını 95-98%-ə çatdırmaq olur. Metanol və qaz qarışığı soyuducuya (2) verilərək metanol mayeləşir və sepe-ratorada (3) qaz qarışığından ayrılır. Beləliklə, xammal ($CO+ 2H_2$) prosesə fasiləsiz daxil olduğu kimi, metanol da prosesdən fasiləsiz xaric olur.

Burada proses sabit fiziki-kimyəvi şəraitdə aparılır, məhsuldarlıq yüksək olur, aparatlar və onların yerləşdiyi binalar həcmcə kiçik olur. Bu proseslərə kapital qoyuluşu da azdır. Bütün bunlar və digər cəhətlər fasiləsiz proseslərin üstünlükləri hesab edilir. Bu proseslərdə həmçinin istilikdən tam istifadə edilir, prosesə nəzarət və avtomatlaşdırma asanlaşır. Digər tərəfdən fasiləsiz proseslərdə xammalın doldurulması və məhsulun boşaldılması müddətində aparat və qurğular dayandırılmır.

Fasiləli proseslərdə xammal və digər maddələr aparata doldurulur, proses başa çatdıqdan sonra məhsul boşaldılır. Xammalın doldurulma və məhsulun boşaldılma müddətində aparat dayandırılır. Bu o deməkdir ki, məhsuldarlıq aşağı düşür. Prosesin digər çatışmayan cəhətləri də vardır. Fasiləli proseslərə misal olaraq konsistent yağların alınmasını, daş kömürün koklaşdırılmasını, əhəngdaşının yandırılmasını göstərmək olar.

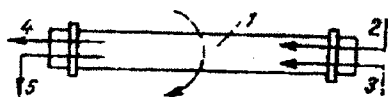
Kombinə edilmiş proseslər də çox yayılmışdır. Bu proseslərdə aparatların bəzisi fasiləsiz, bəzisi isə fasilə ilə işləyir. Domna sobalarında çuqun istehsalını buna misal göstərmək olar. Bu zaman soba arasıkəsilmədən yandırıldığı halda, xammalın sobaya verilməsi və məhsulun oradan çıxarılması fasiləli davam edir.

Reaksiyaya daxil olan maddələrin bir-birinə nisbətən hərəkət istiqamətinə görə proseslər üç qrupa bölünür:

1. *Paralel axınlı proseslər;*
2. *Əks-axınlı proseslər;*
3. *Çarpaz proseslər.*

Göstərilən proseslərdə komponentlərin qatılıqları müxtəlif olduğuna görə prosesin hərəkətverici qüvvəsi də müxtəlif olur. Paralel axınlı proseslərdə sistemin hərəkətverici qüvvəsi maddələrin birgə hərəkət yolunun uzunluğundan asılıdır. Bu prosesdə komponentlər və istilik eyni istiqamətdə hərəkət edir. Quruducu barabanların bəziləri bu prinsiplə işləyir (şəkil 6).

Paralel axınlı proseslərdə maddələr çox qızdırılır. Ona görə də bəzi qurudulan maddənin ifrat qızmaması, yaxud parçalanmaması üçün qurutmanı paralel axınlı proseslərdə yerinə yetirirlər.



Şəkil 6. Quruducu barabanda maddələrin və istiliyin paralel axını: 1-baraban, 2-yaş material, 3-isti qazlar, 4-tullantı qazları, 5-quru maddə.

Əks-axınlı proseslərdə iştirak edən maddələr və istilik axınları bir-birinə əks-istiqamətdə hərəkət edir. Belə proseslər nisbətən yüksək temperaturlu proseslərdir.

Aks-axınlı proseslərdən müasir texnoloji sistemlərdə geniş istifadə edilir. Soyuducular, qızdırıcılar, istilikdəyişdiricilər, kondensatorlar və s. bu prinsip üzrə işləyir. Belə proseslər axıra kimi gedir və istilikdən tam istifadə olunur. Nitroz üsulu ilə sulfat turşusu istehsalında azot oksidlərinin və xlorid turşusu istehsalında hidrogen-xlorid qazının absorbsiyasını buna misal göstərmək olar (şəkil 7).

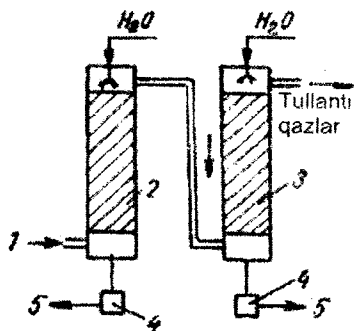
Sxemdən görünür ki, hidrogen-xlorid qazı və su bir-birinə əks-istiqamətdə hərəkət edir.

Əks-axınlı sistemlərdə prosesin gedişinin hərəkətverici qüvvəsi az dəyişir. Bunun əsas səbəbi odur ki, prosesin axırında absorbsiya olunan komponentin məhlul üzərində və

məhlulda parsial təzyiqli həmin maddənin son qatılığında az olur. Ona görə də belə sistemlərdə məhsulun çıxımı yüksək olur.

Çarpaz proseslərdə sistemin komponentləri və istilik axınları bir-birinə nisbətən müəyyən bucaq altında hərəkət edir. Çarpaz proseslərə borulu buxar qazanlarında gedən prosesləri misal göstərmək olar. Bir çox neft rektifikasiya edən kalonlar da bu prinsip üzrə işləyir.

Ümumiyyətlə, kimyəvi məhsulların istehsalı eyni za-



Şəkil 7. Xlorid turşusu istehsalında hidrogen-xlorid qazının əks-axın prinsipi üzrə absorbsiyası:

1-hidrogen-xlorid qazı, 2,3-uducu qüllələr, 4-turşu yığıcıları, 5-xlorid turşusu.

sonra yüksək olursa, onda texnoloji sxemə eyni tipli aparatlardan bir neçəsi ardıcıl qoşulur. Beləliklə, reaktorlar batareyası yaradılır. Bu cür qoşulmuş aparatlar sxeminə *açıq zəncirli sxem* deyilir. Belə bir sxemlə işləyən aparatlardan nitroz qazlarının turşu ilə absorbsiyasını göstərmək olar. Bu sxemdə nitroz qazlarının bir aparatda udulması böyük deyil. Lakin altı aparat ardıcıl qoşulduqda nitroz qazlarının absorbsiyası 92%-dən çox olur.

Sulfat və xlorid turşularının istehsalı da açıq zəncirli sxem üzrə aparılır. Açıq zəncirli sxemlər özündə həm dönən,

manda baş verən bir sıra fiziki və kimyəvi proseslər nəticəsində başa çatır. Həmin proseslərdə aparatlar ya açıq, ya da qapalı sistemdə işləyir.

Çevrilmə dərəcəsi ni yüksəltmək məqsədilə açıq sistemdə işləyən aparatlar ardıcıl yerləşdirilir. Qarşılıqlı təsirdə olan fazalar və ya onların komponentləri aparatdan bir dəfə keçirilir. Əgər çevrilmə dərəcəsi bir aparatdan keçdikdən

həm də dönməyən prosesləri birləşdirir. Belə proseslərdə çıxım yüksək olmur. Məsələn, ammonyak istehsalında bir aparatda ammonyakın çıxımı 20% təşkil edir. Digər tərəfdən alınan məhsul təmiz olmur. Bu mənada *açıq zəncirli* sxemləri *qapalı* sxemlərlə əvəz etmək daha əlverişli hesab edilir.

Qapalı sxemlə məhsul aldıqda reaksiyada iştirak edən bütün komponentlər, yaxud heterogen sistemin fazalarından biri mümkün olan maksimum məhsul alınana qədər eyni bir aparata təkrarən qaytarılır.

Belə sxemlərlə hazırda ammonyak, müxtəlif spirtlər (metanol, etanol), mühərrik yanacaqları və s. alınır. Bir tsikl ərzində ilkin maddələrin məhsula çevrilmə dərəcəsi kiçik olduğundan onlar aparatlarda məhsula tam çevrilənə qədər sirkulyasiya olunur. Sirkulyasiya edən qarışığa yenidən ilkin maddələr əlavə edilir. Əlavə edilən maddələrin miqdarı itkini də nəzərə almaqla bir tsikldə sərf olunan maddələrin miqdarına bərabər götürülür.

Qapalı sxemlərdəki itkinin miqdarı tullantı qazlarındakı ilkin maddələrin miqdarına, yaxud ilkin maddələrin tərkibindəki ballast qazların miqdarına görə təyin edilir. Məsələn, ammonyak istehsalındakı itkinin miqdarı azot-hidrogen qarışığındakı metan və arqonun miqdarına görə hesablanır.

Qapalı sxemlərlə işləyən qurğular daha qənaətlə hesab edilir, çünki belə sxemlərdə tullantı məhsulları kimi atmosfərə buraxılan zərərli maddələrin miqdarı açıq sxemdə olduğundan az olur.

Heterogen proseslərdə kombinəedilmiş sxemlərdən istifadə edilir. Belə sxemlərdə reaksiyaya daxil olan fazalardan biri ardıcıl olaraq bütün aparatları keçir, qalan hissəsi tullanır. İkinci faza isə aparatlarda sirkulyasiya edir.

Məsələn, koks qazının emalında buxar-maye fazası açıq zəncir sxemi üzrə ardıcıl olaraq bütün aparatlardan keçirilir. Soyuducu və absorbsiya məhlulları isə ayrı-ayrı

aparatlarda sirkulyasiya edir. Sirkulyasiya edən məhlul qatranüstü su, ana məhlul (H_2SO_4), uducu yağlar (xam benzo-
lun desorbsiyasından alınan yağlar) hesab edilir. Yaxud neft məhsullarının qaynar layda emalı prosesində buxar (qaz faza) aparatları bir dəfə keçir, bərk faza (katalizator) isə daim reaktor və regeneratorda dövr (sirkulyasiya) edir.

Texnoloji proseslərin material və istilik balansının nəzəri əsasları

Material və istilik balansını yeni istehsalın layihəsi tərtib olunan zaman hesablanır. Bu da yeni istehsal ilə mövcud istehsalı müqayisə etməyə imkan verir.

Material balansının hesablanması kütlələrin itməməsi və ya saxlanması qanununa əsaslanır. Bu qanuna görə istənilən qapalı sistemdə reaksiyaya daxil olan maddələrin kütləsi reaksiyadan alınan maddələrin kütləsinə bərabər olur. Bunu texnoloji proseslərə tətbiq etdikdə demək olar ki, texnoloji prosesə daxil edilən maddələrin kütləsi (mədaxil), prosesdən ayrılan məhsulların kütləsinə (məxaric) bərabər olmalıdır. Material balansını reaksiyaların tənliklərinə görə tərtib edilir. Həmin tənliklər əsas və əlavə reaksiyaların tənliklərindən ibarət olur.

Nəzərə almaq lazımdır ki, əlavə reaksiyalar çox hallarda xammalda olan qarışıqların hesabına baş verir. Ona görə də material balansını təxmini xarakter daşıyır. Daha dəqiq desək, mədaxil məxaricə tam bərabər olmur.

Nəzərə alsaq ki, praktikada təmiz xammal ilə yox, mürəkkəb tərkibli və təmizliyi çox yüksək olmayan xammallarla iş aparılır, onda xammalın əsas komponenti və aşqarları alınan əsas məhsul, əlavə məhsul və tullantı ilə müqayisə edilir. Müqayisə analiz əsasında aparılır. Fasiləsiz işləyən aparatlarda (reaktorlarda) vahid zaman ərzində mədaxil və məxaric bir-birinə bərabər olduğundan aparatdakı

maddələrin ümumi kütləsi sabit olur. Yəni maddələrin ümumi miqdarı nə artır, nə də azalır.

Maddələrin kütləsi bərk, maye və qaz halında olan maddələr üçün ayrıca hesablanır:

$$m_6 + m_M + m_I = m'_6 + m'_M + m'_I \quad (27)$$

Burada: m_6, m_M, m_I - uyğun olaraq prosesə daxil olan bərk, maye və qaz halında maddələrin kütləsi, m'_6, m'_M, m'_I isə prosesdən ayrılan bərk, maye və qaz halında maddələrin kütləsidir.

Material balansı, adətən, əsas məhsulun vahid kütləsinə (kq, t, kq/mol) sərf olunan xammalın miqdarına görə tərtib olunur. Bəzən isə balans xammalın vahid kütləsinə, yaxud zamana (saat, gün, ay) görə tərtib edilir.

Əgər m'_b - əsas məhsulun miqdarını, m_b - əsas xammalın miqdarını, m_m və m_q nisbətən ucuz xammalın miqdarını ifadə edərsə xammalın sərf (məxaric) əmsalı uyğun olaraq aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$m_b/m'_b, m_m/m'_m, m_q/m'_q$$

Texnoloji prosesin tam balansını tərtib edərkən iki və üç məchullu sistem tənliklər həll edilir. Hesabatın sonunda cədvəl tərtib olunur.

Çox hallarda heterogen prosesin bir fazası üçün material balansı tərtib edilir. Bu halda maddənin bir fazadan başqa fazaya keçməsi zamanı reaktora daxil olan maddənin kütləsi, reaktordan çıxan maddənin kütləsinə bərabər olur. Reaktorda həmin fazaya ya müəyyən miqdar maddə əlavə olunur (m_p), yaxud müəyyən miqdar maddə fazadan itir (m_i). Belə hallarda material balansının ümumi tənliyi, məsələn, qaz faza üçün aşağıdakı kimi olur.

$$m_q + m_{\text{aq}} = m'_q + m_{i_q} \quad (28)$$

Qazın itən (m_{iq}) və əlavə olunan ($m_{əq}$) kütlələrini tapmaq üçün kütləötürmənin kinetik tənliyi hesablanır:

$$U = dm / dt = K \cdot v \cdot \Delta c \quad (29)$$

Burada: U – prosesin sürəti;

dm – reaktorda qaz kütləsinin dəyişməsi;

K – reaksiyanın sürət sabiti;

v - reaksiya həcmi;

Δc – prosesin hərəkətverici qüvvəsidir.

Reaksiya həcmi sabit olduqda ($v = \text{const}$) prosesin sürəti:

$$U = \frac{1}{v} \frac{dm}{dt} = K \cdot \Delta c \quad (30)$$

Onda prosesin (30) tənliyi ilə ifadə olunan sürəti həmin prosesin məhsulun qatılığı ilə ifadə olunan sürətinə bərabər olar.

$$U = dc_{m\acute{a}hs} / dt = K \cdot \Delta c \quad (31)$$

Prosesin sürətini çevrilmə əmsalı ilə ifadə etsək alarıq:

$$U = dx / dt = K \cdot \Delta c \quad (32)$$

x – ilkin maddələrin məhsula çevrilmə əmsalını ifadə edir.

Göstərilən ifadələrdən aydın olur ki, dönmən proseslər üçün reaksiyanın sürəti vahid zamanda ($d\tau$) reaksiyada iştirak edən maddələrin miqdarı (dm), məhsulun qatılığı ($dc_{m\acute{a}hs}$), ilkin maddələrin qatılığı (dc_{ilk}) və onların məhsula çevrilmə dərəcəsi (əmsalı) (dx) ilə ifadə oluna bilər:

$$U = \frac{dm}{d\tau}; \frac{dc_{m\acute{a}hs}}{d\tau}; - \frac{dc_{ilk}}{d\tau}; \frac{dx}{d\tau} \quad (33)$$

Reaksiya komponentləri axan reaktorlarda (axıcı reaktorlar) prosesə sərf olunan zaman (τ) reaktorun həcmi-

nin (V) prosesdə sərf olunan reaksiya qarışığının həcminə (V_c) nisbəti ilə düz mütənasibdir.

Yəni:

$$\tau = \frac{V}{V_c} \quad (34)$$

Ona görə də (34) tənliyini belə yazmaq olar.

$$U = V_c \frac{dm}{dV}; \frac{dc_{məhs}}{dV}; -V_c \frac{dc_{ilk}}{dV} \quad (35)$$

Beləliklə, gördük ki, hər hansı texnoloji prosesin material balansını tərtib etmək üçün həmin prosesin kinetikasını müəyyən etmək, hesabatın axırında isə material balansı üçün cədvəl tərtib etmək lazımdır.

İstilik balansı enerjinin saxlanması və ya itməməsi qanununa əsaslanır. Bu qanuna görə qapalı sistemin bütün enerji növlərinin cəmi sabit kəmiyyətdir. Kimyəvi texnoloji proseslərə həmin qanunu tətbiq etsək belə ifadə olunur: *hər hansı istehsal prosesinin istilik mədaxili həmin prosesin istilik məxaricinə bərabər olur.*

İstilik balansı material balansına əsaslanır. Bu halda proses zamanı baş verən istilik effekti, fiziki çevrilmələr, xaricdən verilən istilik, məhsullar vasitəsilə aparatdan çıxan istilik və aparatların divarları vasitəsilə ətrafa ötürülən istilik nəzərə alınır. İstilik balansı da material balansı kimi riyazi formullar, cədvəllər və diaqramlar şəklində verilə bilər.

İstilik balansı aşağıdakı tənliklə ifadə olunur:

$$\begin{aligned} Q_b + Q_m + Q_q + Q_f + Q_r + Q_p &= \\ &= Q'_b + Q'_m + Q'_q + Q'_f + Q'_r + Q'_p \end{aligned} \quad (36)$$

Burada: Q_b, Q_m, Q_q - sistemə daxil edilən bərk, maye və qaz halında olan maddələrlə aparata verilən istilik, Q'_b, Q'_m, Q'_q prosesdən alınan bərk, maye və qaz halında olan maddələr-

lə aparatlardan xaric olan istilik, Q_f və Q'_f - fiziki çevrilmələr nəticəsində sistemə daxil olan (Q_f) və sistemdən ayrılan (Q'_f) istiliklər, Q_r və Q'_r ekzo və endotermik reaksiyalar nəticəsində udulan (Q_r) və ayrılan (Q'_r) istilik, Q_p - aparatlara xaricdən verilən istilik, Q'_p - aparatların divarlarından atmosferə ötürülən və soyuducular tərəfindən udulan istiliktir. Q_b, Q_m, Q_q və Q'_b, Q'_m, Q'_q - texnoloji proseslərdə materialların istilik saxlaması adlanır.

Daxil olan və prosesdən çıxan maddələrin istilik saxlaması ayrılıqda hesablanır:

$$Q = mct \quad (37)$$

Burada: m – daxil olan materialın miqdarı, c – onun orta istilik tutumu, t – isə temperaturdur. Temperatur həmişə hər hansı bir nöqtədən, adətən, 0^0 -dən hesablanır.

Sistemdə həmişə maddələr qarışığından istifadə edildiyindən qarışıqın istilik tutumu (38) tənliyi ilə hesablanır. Əgər qarışıq üç komponentdən ibarətdirsə və onların uyğun kütlələri m_1, m_2 və m_3 , uyğun istilik tutumları c_1, c_2 və c_3 olarsa qarışıqın istilik tutumu aşağıdakı tənliklə (38) ifadə olunur:

$$C_{qar} = \frac{m_1c_1 + m_2c_2 + m_3c_3}{m_1 + m_2 + m_3} \quad (38)$$

Göründüyü kimi qarışıqın istilik tutumu additivlik qanununa əsaslanır.

Texnoloji prosesin istilik balansını da material balansını kimi qrafik, diaqram və ya cədvəllərlə göstərilə bilər.

Bunu daha dərinədən başa düşmək məqsədilə material və istilik balansının tərtib olunmasına əyani misalda baxaq.

Material hesabı və ya texniki hesablama

Texnoloji hesablamalar proseslərin aparılmasının fiziki-kimyəvi prinsiplərinə əsaslanır. Texnoloji hesablamalara prosesdə iştirak edən və prosesdən alınan maddələrin və istilik mübadiləsinin miqdarı, əsas aparatların sayı və həcmi, xammal, enerji, istehsal sərfi və s. daxil olur. Bu zaman material və istilik hesabına xüsusi fikir verilir, çünki digər texnoloji hesablamalar onlardan asılı olur.

Texnoloji proseslərdə işlədilən xammalın, alınan məhsulların, yarım məhsulların və tullantıların miqdarı texniki hesablama yolu ilə müəyyən edilir. Bu hesablamalar prosesdəki kimyəvi reaksiya tənlikləri əsasında aparılır. Lakin götürülən xammalın və alınan məhsulun tərkibi nəzərə alınmaqla bu hesabatda bəzi dəyişikliklər edilə bilər. Bu zaman əsas prosesin gedişinə, istiqamətinə və sürətinə təsir edən bütün köməkçi amillər, ayrı-ayrı aparatların məhsuldarlığı və onların iş vaxtı da nəzərə alınır.

Texniki hesablamaların tərtib olunmasını asanlaşdırmaq üçün cədvəllər, diaqramlar və praktiki iş nəticələrindən geniş istifadə edilir.

Aşağıda o cümlə absorberinin material və istilik balansları cədvəl şəklində verilir.

Material balansı. Prosesin material balansı, qeyd ediləni kimi maddə kütləsinin saxlanması qanunu əsasında tərtib olunur. Əməliyyatın əsas mahiyyəti ondan ibarətdir ki, prosesə daxil olan maddələrin kütləsi (mədaxil) prosesdən alınan əlavə və əsas məhsulların, itkinin (tullantının) kütlələri cəminə (məxaric) bərabər olmalıdır. Material balansında iştirak edən maddələrin miqdarı çəki və həcm vahidləri, ya da faizlə göstərilə bilər. Material balansının mədaxil və məxarici arasında fərq olmamalıdır. Əgər belə bir fərq özünü göstərərsə, bu o deməkdir ki, balansın tərtibində nə isə nəzərə alınmamışdır.

Material balansı məqsəddən asılı olaraq xammalın və ya alınan məhsulun vahidinə görə, yaxud vahid zaman ərzində bir aparatın işinə görə tərtib edilə bilər. Sulfat turşusu istehsalında oleum absorberinin material balansı cədvəl şəklində verilir (cədvəl 1).

Oleum absorberinin material balansı

Cədvəl 1.

Mədxil	kq	Məxaric	kq
Qazda olan SO ₃	10350	Qazda olan SO ₃	7120
Oleum (20% SO ₃ sərb.)	262000	Oleum (20% SO ₃ sərb.)	265230
O cümlədən:		O cümlədən:	
SO ₂	223800	SO ₂	227030
H ₂ O	38200	H ₂ O	38200
Cəmi	272350	Cəmi	272350

İstilik balansı. İstilik balansı da mədxil və məxaric hissələrdən ibarətdir. İstilik balansının tərtib edilməsi istiliyin saxlanması qanununa əsaslanır. Balansın mədxil hissəsi prosesdən asılı olaraq, xaricdən verilən istilik, iştirak edən reagentlərin istiliyi və ekzotermik reaksiyalar nəticəsində alınan istilikdən ibarət olur.

Balansın məxaric hissəsi isə proses nəticəsində alınan məhsullarla aparılan istilik, müxtəlif istilik itkiləri və endotermik reaksiyalar zamanı udulan istilikdən ibarətdir.

Oleum absorberinin istilik balansı

Cədvəl 2.

Mədxil	Kkal	Məxaric	Kkal
1. Qazla daxil olan istilik	1134000	1. Qazla aparılan istilik	693530
2. Oleumla daxil olan istilik	3458400	2. İstilik itkisi	103720
3. SO ₃ -ün absorbsiya istiliyi	593250	3. Oleumla aparılan istilik	4388400
Cəmi	5185650	Cəmi	5185650

Prosesin istilik balansında da mədaxil və məxaric istilikləri bir-birinə tam bərabər olmalıdır.

Sulfat turşusu istehsalında oleum absorberinin istilik balansı 2-ci cədvəldə göstərilir.

Kimya sənayesində enerji

Kimyəvi texnoloji proseslər enerjinin udulması, ayrılması və ya onun qarşılıqlı çevrilməsi ilə müşayiət olunur. Kimyəvi proseslərdə enerji reaksiyaların aparılması və köməkçi əməliyyatların yerinə yetirilməsinə (materialların daşınmasına, xırdalanmaya, süzülməyə, qazların sıxılmasına və s.) sərf olunur.

Bu səbəbdən də hər bir kimya istehsalında enerji sərfi baş verir. Hesablamalar göstərir ki, hər bir kimya müəssisəsində kapital qoyuluşunun təxminən 10-60%-i enerji sərfinə gedir. Bu və ya başqa kimya istehsalının enerji tutumu alınan məhsulun vahid həcminə və ya vahid kütləsinə sərf olunan enerji ilə hesablanır.

Enerji sərfi dedikdə, istehsal olunan məhsulun vahid həcminə və ya kütləsinə sərf olunan kilovat – saatla, kilocoul-la və ya sərf olunan yanacağıın ton, kiloqram, yaxud kub metrərlə ölçülən enerji miqdarı başa düşülür (kVt. saat/t, t/t, kq/m³ və s.). Müxtəlif kimya istehsalının enerji tutumu da müxtəlif olur. Onların bəziləri yüksək, bəziləri isə nisbətən kiçik enerji tutumuna malikdir.

Enerji növləri. Texnoloji proseslərdə baş verən və ya sistemə xaricdən verilən enerjilərin aşağıdakı əsas növlərinə rast gəlmək olar:

1. **Elektrik enerjisi.** Kimya müəssisələrində elektrik enerjisindən müxtəlif məqsədlər üçün istifadə edilir: elektroliz proseslərinin aparılması, müxtəlif maddələrin əridilməsi və qızdırılması, yüksək temperatur şəraitində üzvi maddələrin sintez edilməsi, tozun və ya duman tipli tüstü və

ya qazların çökdürülməsi elektrik enerjisindən istifadə etməklə yerinə yetirilir. Xammalın və digər kimyəvi maddələrin xırdalanması, yumşaldılması, maddələrin qarışdırılması, süzülmesi, nasosların, kompressorların və ventilyatorların işi elektrik enerjisinin müxtəlif mühərriklərdə mexaniki enerjiyə çevrilməsinin nəticəsidir. Odur ki, elektrik enerjisinin istehsalı ölkəmizdə İldən-İlə artır. SSRİ-də istehsal olunan elektrik enerjisinin təxminən 15-18%-i kimya sənayesinin inkişafı üçün sərf olundu.

Bəzi kimyəvi istehsal proseslərinə sərf olunan elektrik enerjisinin miqdarı aşağıda kVt-saat/t-la göstərilir.

Məhsul	Enerji (kVt·saat/t.)
Alüminium	18000 – 20000
Maqnezium	17500 – 18000
Kalsium karbid, 80%-li	2700 – 3200
Fosfor	13000 – 20000
Ammonyak	3000 – 3500
Xlor	2300 – 3500
Sulfat turşusu	60 – 100
Ammonium sulfat	50 – 70
Ammonium nitrat	7 – 15
Superfosfat	2 – 10

- İstilik enerjisi.** Bu enerji də elektrik enerjisi tələb olunan məqsədlər üçün sərf edilir. İstilik enerjisindən istifadə etməklə əritmə, buxarlandırma, həlletmə, qızdırma, çökdürmə, qurutma, distillə və s. prosesləri həyata keçirilir.
- Kimyəvi enerji** əsasən qalvanik elementlərin və akkumulyatorların işini təmin edir. Qalvanik elementlərdə, eləcə də akkumulyatorlarda kimyəvi enerji elektrik enerjisinə çevrilir. Kimyəvi enerji faydalı iş əmsalının (F.İ.Ə.) böyük olması cəhətdən daha sərfəlidir.

4. **İşıq enerjisi** kimya sənayesində müxtəlif növ foto-kimyəvi reaksiyaların həyata keçirilməsində geniş tətbiq olunur. Üzvi kimya kursundan məlum olan üzvi birləşmələrin halogenləşməsi, yaxud hidrogen və xlorun sintezindən hidrogen-xloridin alınması kimi və başqa proseslər işıq enerjisinin təsiri ilə baş verir. Bundan başqa, fotoelektrik hadisələrində işıq enerjisi elektrik enerjisinə çevrilir ki, bundan da texnoloji proseslərin idarə olunmasında və prosesə avtomatik nəzarət edilməsində geniş istifadə olunur.
5. **Daxili nüvə enerjisi** müxtəlif nüvə çevrilmələri zamanı alınır. Məsələn, hidrogen nüvələrindən helium nüvəsinin sintezində külli miqdarda nüvə enerjisi ayrılır.

Radioaktiv-kimyəvi prosesləri həyata keçirmək, onlara analitik və avtomatik nəzarət etmək, eləcə də tənzimləmək məqsədilə nüvə enerjisi tətbiq edilir. Bir sıra polimerləşmə prosesləri radioaktiv şüalanma hesabına baş verir. Hazırda dinc məqsədlərlə və sülhü qoruyub saxlamaq üçün dünyada nüvə enerjisindən daha çox istifadə edilir.

Göstərilən enerji növlərindən başqa kimya sənayesində ikinci enerji ehtiyatları da mövcuddur. Bunlardan enerji «tullantı»sı hesab edilən enerjini – əlavə məhsulların enerjisini, isti tullantı qazların və mayələrin enerjisini göstərmək olar. İkinci enerji ehtiyatları adlanan bu enerji növləri kimya müəssisələrinin enerji ilə təmin olunmasında mühüm rol oynayır və çox böyük əhəmiyyətə malikdir. Elə buna görə də sənayemizin əsas məqsədi tullantısız istehsal sistemləri yaratmaqdır.

Kimya müəssisələrinin düzgün yerləşdirilməsinin də böyük əhəmiyyəti vardır. Müəssisəni enerji mənbəyinə yaxın yerdə tikdikdə müəssisə daha rentabelli işləyir, çünki yanacaqın və digər enerji mənbəyinin nəql edilməsinə əlavə xərc tələb olunmur. Lakin qaz halında yanacaqları borular vasitəsilə müəssisəyə gətirmək daha səmərəli hesab edilir.

Kimya müəssisələri külli miqdarda enerji sərfi tələb edir. Odur ki, enerjidən səmərəli istifadə edilməzsə, müəssisənin istehsal etdiyi məhsulun maya dəyəri yüksələr. Ona görə də məhsulun maya dəyərinin aşağı düşməsinə təsir edən əsas amillərdən biri enerjidən səmərəli istifadə edilməsidir. Enerjidən səmərəli istifadə etməyin əsas meyarı *enerjidən istifadə əmsalı* (η) ilə müəyyən olunur.

Enerjidən istifadə əmsalı dedikdə alınan məhsulun vahid həcminə və ya kütləsinə sərf olunacaq nəzəri hesablanmış enerjinin praktikada real sərf olunan enerjiyə nisbəti başa düşülür:

$$\eta = \frac{\omega_{nəz}}{\omega_{real}} \cdot 100\% \quad (39)$$

Burada: $\omega_{nəz}$ – sərf olunacaq enerjinin nəzəri miqdarı;
 ω_{real} – real sərf olunan enerji.

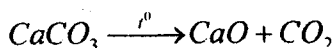
Qeyd edək ki, real sərf olunan enerji həmişə nəzəri hesablanmış enerjidən çox olur ($\omega_{real} > \omega_{nəz}$). Bunun əsas səbəbi istifadə zamanı enerji itkisinə yol verilməsidir.

Kimyəvi texnoloji proseslərdə *istilikdən istifadə dərəcəsi* istiliyin faydalı iş əmsalı (η_i) ilə ifadə olunur. *İstiliyin faydalı iş əmsalı əsas kimyəvi reaksiyalara bilavasitə sərf olunan istiliyin* (Q_r), *ümumi sərf olunan istiliyə* ($Q_{üm}$) *nisbəti ilə təyin edilir.*

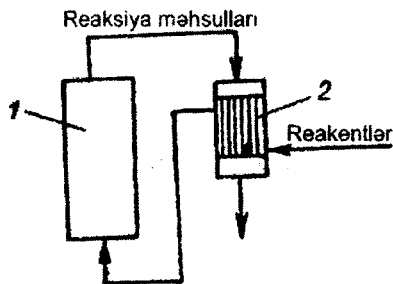
$$\eta_i = \frac{Q_r}{Q_{üm}} \cdot 100\% \quad (40)$$

Yüksəktemperaturlu reaktorlarda istilik itkisi ümumi istiliyin 15%-ni təşkil edir. Bu qədər istilik reaktorların gövdəsi vasitəsilə ətraf mühitə ötürülür.

İstiliyin F.İ.Ə. enerjidən istifadə əmsalının xüsusi halını təşkil edir. İstiliyin F.İ.Ə. çox böyük olmur. Məsələn kalium karbonatın yandırılmasında əsas reaksiya:



kalsium-karbonatın əhəngə və karbon 4-oksidi parçalanması reaksiyasıdır. İstiliyin F.İ.Ə. bu proses üçün təxminən 65% təşkil edir. Bu halda istiliyin 25%-ə qədəri aparatdan çıxan məhsullarla itirilir, 10%-i isə ətraf mühitə ötürülür. Deməli istiliyin F.İ.Ə.-ni yüksəltmək üçün məhsulların istiliyindən istifadə etmək və ətrafa ötürülən itkinin miqdarını azaltmaq lazımdır.

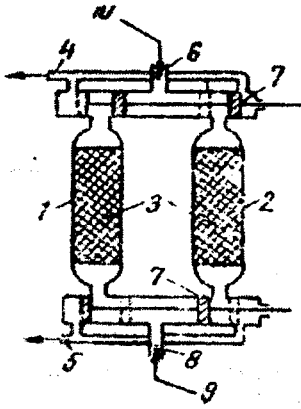


*Şəkil 8. Reaksiya məhsullarının və ya tullantı qazlarının istiliyindən istifadə olunma sxemi:
1- reaktor, 2-istilikdəyişdirici*

Aparat üçün istiliyin F.İ.Ə.-ni müəyyən etmək üçün istilik balansını tərtib olunur. Faydalı iş əmsalını yüksəltmək üçün məhsulun (məhsul qaz və maye olduqda) və tullantı qazların istiliyindən istifadə etməyin xüsusi əhəmiyyəti vardır. Qaz halında olan məhsulun və tullantı qazların istiliyindən aparata verilən xammalın qızdırılması üçün istifadə edilir. Belə sadə bir qurğunun prinsipial sxemi 8-ci şəkildə verilir.

Reagent əvvəlcə istilikdəyişdiriciyə (2) verilir və orada reaktordan (1) gələn reaksiya məhsullarının istiliyi hesabına borular arasında keçdikdə qızır və reaktora keçir. Soyuq və isti maddələr arasındakı istilik mübadiləsi istilikdəyişdiricinin borularının divarları vasitəsilə əldə edilir. Belə prinsip üzrə işləyən aparatlara rekuperatorlar, həmin prosesə isə rekuperasiya deyilir. Sənayedə rekuperatorlardan başqa bu məqsədlə regeneratordən da istifadə edilir.

Regeneratordən fasiləsiz fəaliyyət göstərən, içərisi kərpiç və ya saxsı ilə doldurulmuş kameradır. İki regeneratordən istifadə edildikdə onların işi fasiləsiz olur. Belə qurğunun iş prinsipi aşağıda verilir (şəkil 9).



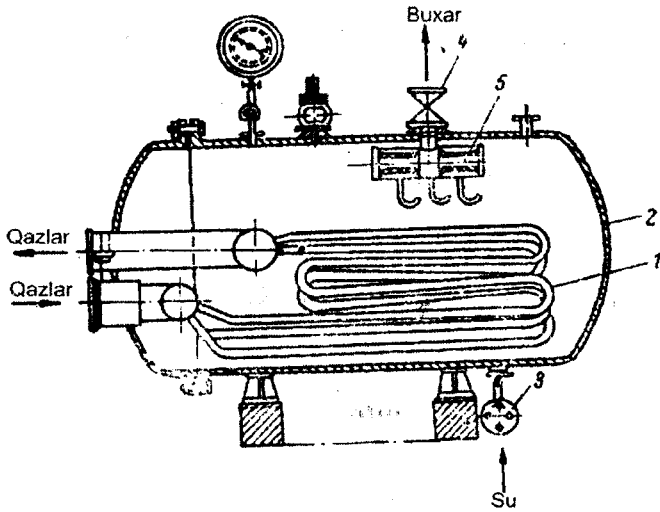
Şəkil 9. Regeneratorların iş sxemi.

1,2-regeneratorlar,
3-başlıqlar, 4,5-qazı regeneratordan xaric edən borular,
6,8-qazı regeneratora daxil edən borular, 7-qapayıcılar,
9-isti qaz, 10- soyuq qaz

İsti qaz (9) regeneratora (2) daxil olaraq öz istiliyini onun başlıqlarına (3) verir və regeneratordan boru vasitəsilə (4) çıxır. Bu anda soyuq qaz (10) boru ilə (6) regeneratora (1) daxil olaraq başlığın istiliyini alır və isti halda boru (5) vasitəsilə xaric olur. Bir qədər sonra qapayıcıların (7) vəziyyəti avtomatik olaraq dəyişir (bu şəkildə qırıq xətlərlə göstərilir). Bu zaman isti başlıqlı regeneratora (2) soyuq qaz, soyuq başlıqlı regeneratora (1) isti qaz daxil olur və bu qayda ilə fasiləsiz aktlar təkrar olunur.

Xaric olan məhsulların istiliyindən su çənlərində də istifadə edilir (şəkil 10). İsti qazlar çənin gövdəsinə (2) bərkidilmiş borularla (1) hərəkət edir. Borulararası boşluqlarda isə su olur. Su çənə ştutseri (3) keçərək daxil olur və əmələ gələn buxar siyirtməni (4) açmaqla çəndən xaric olur. Buxarda nəm olmaması üçün o nəmayırıçıdan (5) keçirilir. Kimyəvi zavodlarda isti məhsulların istiliyindən qurutmaq, buxarlandırmaq, distillə etmək məqsədilə istifadə edilir.

Enerji mənbələri. Kimya sənayesi müxtəlif növ enerji mənbələrindən istifadə edir. Belə enerji mənbələrindən daş kömürü, nefti, təbii qazları, yanar şistləri, hidro- və atomelektrik stansiyalarını göstərmək olar. Yanacaqların dəyəri onların yandıqda əmələ gətirdikləri enerjinin miqdarı ilə ölçülür. Yanacağın enerji dəyəri onun 1 kq-nın və ya 1 m³-nin yaratdığı enerji ilə xarakterizə olunur.



Şəkil 10. Utilizasiya çəni:

1 – borular, 2-gövdə, 3-şütser, 4-siyirtmə, 5-nəmayıran.

Müxtəlif yanacaqların enerji dəyəri aşağıda verilir:

Yanacaq	Enerji dəyəri (kVt-saat/kq, kVt-saat/m ³):
---------	---

Daş kömür	8,0
Koks	7,2
Torf	4,0
Koks qazı	4,8
Təbii qaz	10,6

Müxtəlif enerji mənbələrinin praktikada tətbiq olunması təkcə onların enerji dəyəri ilə deyil, həm də onların ehtiyatı, coğrafi yerləşməsi və asan əldə edilməsindən asılıdır. Hazırda ən mühüm enerji mənbələrindən biri mineral yanacaqlardır. Mineral yanacaqların xüsusi çəkisi dünya enerji balansında 80% təşkil edir. Bu mənada birinci yeri daş kömür, ikinci yeri neft, üçüncü yeri təbii qaz, dördüncü yeri isə torf tutur.

İndi yanacağa yalnız enerji mənbəyi kimi baxılır. Kömür, neft, daş kömür, şistlər və təbii qazlar, həm də kimyəvi xammallardır. Onların kimyəvi emalı zamanı müxtəlif kimyəvi maddələr alınır. Beləliklə, yanacaqlardan həm kimyəvi xammal, həm də enerji mənbəyi kimi istifadə edilir.

III FƏSİL. KİMYƏVİ REAKTORLAR VƏ SOBALAR

Katalitik proseslər

Arrenius tənliyindən (15) aydın olur ki, reaksiyanın sürəti reaksiyaya daxil olan maddələrin aktivləşmə enerjisindən asılıdır. Aktivləşmə enerjisi az olduqda reaksiya sürətli gedir. Deməli elə metod tapmaq olar ki, sistemdə iştirak edən maddələrin aktivləşmə enerjisini azaltmaq mümkün olsun. Belə metodlardan biri katalizatorun tətbiq edilməsidir.

Katalizator reaksiyada iştirak edərək onun sürətini dəyişdirən, nəticədə kimyəvi cəhətdən bərpa olunan maddələrə deyilir. Reaksiyada katalizator iştirak etdikdə reaksiyaya daxil olan maddələrin aktivləşmə enerjisi dəyişir və o bir neçə mərhələdə başa çatır. Katalizator iştirakında reaksiyanın sürəti milyon dəfələrlə artır. O reaksiyanı bir istiqamətdə aparmağa imkan verir, yəni əlavə proseslərin qarşısı alınır, prosesi aşağı temperaturda aparmağa imkan verir ki, bu da enerji qənaətinə səbəb olur. Kimya sənayesi proseslərinin 90%-ə qədəri katalizator tətbiq etməklə aparılır. Üzvi texnologiyada kataliz daha geniş tətbiq olunur. Katalitik proseslərin əsas növlərindən aşağıdakıları göstərmək olar:

Bəzi katalitik proseslər

Cədvəl 3.

Sənaye prosesləri	İşlədilən katalizatorlar	Alınan məhsullar
1. Hidratlaşma, dehidratlaşma, hidroliz və polikondensləşmə prosesləri		
Asetilenin hidratlaşması	Civə sulfatları	Asetaldehid
Etilenin hidratlaşması	Sulfat turşusu, fosfat turşusu və onun duzları	Etil spirti
Etil spirtinin dehidratlaşması	Sulfat turşusu, alüminium-oksidi	Dietil efiri
Sirkə turşusunun dehidratlaşması	Qələvi və qələvi-torpaq metalların fosfat və karbonatları	Sirkə anhidridi
Xlorbenzolun hidrolizi	Maqnezium xlorid	Fenol
Fenolun formaldehidlə polikondensləşməsi	Mineral turşular və qələvilər	Fenol-aldehid qatranları
2. Oksidləşmə prosesləri		
Natam oksidləşmə:		
NH_3 -ün NO -ya qədər	Platin (özü), dəmir və kobalt oksidləri	Nitrat turşusu
Metanın hava ilə oksidləşməsi	Mis, manqan	Formaldehid
Sintez qazın su buxarı ilə oksidləşməsi (CO -nun su buxarı ilə konversiyası)	Dəmir və xrom oksidlərinin qarışığı	Hidrogen və hidrogen-azot qarışığı
Metanın su buxarı ilə oksidləşməsi (metanın konversiyası)	Nikel	Sintez-qaz ($CO+H_2$)
Asetaldehidin hava ilə oksidləşməsi	Manqan və kobalt duzları	Sirkə turşusu
Tam oksidləşmə:		Sulfat turşusu

SO_2 -nin SO_3 -ə oksidləşməsi	Platin, vanadium 5-oksidi	
CO -nun CO_2 -ə oksid- ləşməsi	Hopkalit (man- qan, mis, koblat, gümüş oksidləri- nin qarışığı)	Karbon qazı
Parçalanma oksidləş- məsi: Naftalinin destruksiya- sı	Vanadium 5-oksidi	Ftal anhidridi
3. Hidrogenləşmə, dehidrogenləşmə və reduksiya prosesləri		
Benzolun hidrogenləş- məsi	Nikel, molibden	Tsikloheksan
Maye yağların və piylə- rin hidrogenləşməsi	Nikel	Bərk yağlar
Ammonyak istehsalı	Dəmir	Ammonyak
Buxar fazada nitroben- zolun reduksiyası	Miss, nikel	Anilin
Bərk və ağır maye ya- nacaqların destruktiv hidrogenləşməsi	Molibden, vo- lfram, dəmir, on- ların oksid və sul- fidləri	Maye mühərrik yanacaqları
Butanın dehidrogen- ləşməsi	Xrom oksidləri	Butadien
Etilbenzolun dehidrog- enləşməsi	Sink və xrom ok- sidləri	Stirol
Sintez-qaz əsasında aparılan sintezlər ($CO+H_2$ qarışığı)	Dəmir, kobalt, nikel	Sintetik benzol, metanol, sintol və s.
4. Alkülləşmə, izomerləşmə, krekinq və polimerləşmə prosesləri		
İzobutanın butilenlərlə alkülləşməsi	Sulfat turşusu	İzooktanlar
H - butanın izomer- ləşməsi	Alümosilikatlar, alüminium-xlorid, xlorid turşusu	İzobutan

3-cü cədvəlin davamı

1	2	3
Benzolun propulenlə alkülləşməsi	Fosfat turşusu	Kumol (izopropil-benzol)
Neft və neft məhsullarının katalitik krekinqi	Alümosilikatlar	Benzin
Riforminq	Əlvan metallar	Yüngül karbohidrogenlər
İzobutilenin polimerləşməsi	Bor flüorid	Poliizobutilen
Etilenin polimerləşməsi	Trietilalüminium, titan-4-xlorid	Polietilen
Tetraflüoretilenin polimerləşməsi	Kalium persulfat	Teflon (politetraflüoretilen)

Cədvəldən görünür ki, oksidləşmə, reduksiya, hidroliz, hidrogenləşmə, dehidrogenləşmə və s. proseslərdə katalizatorun köməyi ilə yüksəkmolekullu birləşmələr üçün yarım-məhsullar (metanol, formaldehid, butadien, stiro, izobutilen) alınır. Polimerlərin polimerləşmə və polikondensləşmə yolu ilə birbaşa alınmasında da katalizatorlardan istifadə olunur. Bunları nəzərə alaraq katalizatora ümumi tərif vermək olar:

Reaksiyada iştirak edən, maddələrlə qarşılıqlı təsir nəticəsində və ya onları həyəcandırmaqla reaksiyanın sürətini dəyişən, nəticədə kimyəvi tərkibə bərpa olunan maddələrə katalizator deyilir.

Katalizator prosesdə stexiometrik nisbətdə deyil, o miqdardan qat - qat az tələb olunur. Katalizatorun iştirakı ilə aparılan reaksiyalara katalitik reaksiyalar, prosesə isə kataliz deyilir. Katalizator aqreqat halından asılı olaraq qaz, maye və bərk halda ola bilər. Bu mənada kataliz iki qrupa bölünür: homogen və heterogen kataliz. Homogen katalizdə katalizator və reaksiyada iştirak edən maddələr eyni bir fazada olur, başqa sözlə katalizator və reaksiyada iştirak edən maddələr bir-birinə qarışaraq homogen (bir-

cinsli) sistem əmələ gətirir. Heterogen katalizdə isə katalizator və reaksiyada iştirak edən maddələr müxtəlif fazalarda olur.

Katalizator reaksiyanı sürətləndirdikdə proses *müsbət*, yavaşidanda isə *mənfi* kataliz adlanır.

Reaksiyanın sürətini artıran katalizatorlar daha geniş tətbiq olunur. Katalizatorun reaksiya sürətini artırmasına səbəb, onun reaksiyaya daxil olan maddələrlə qarşılıqlı təsirdə olub, fəal və azdavamlı aralıq maddə əmələ gətirməsidir. Həmin maddənin parçalanması nəticəsində katalizator bərpa olunur. Katalizator uzun müddət prosesdə iştirak etdikdə onun aktivliyi tədricən azalır, yəni «zəhərlənir» və sıradan çıxır.

Katalizatorun aktivliyi dedikdə, onun reaksiya sürətini artırmaq dərəcəsi başa düşülür. Başqa sözlə, katalizatorun aktivliyi sürət sabitinin nisbi artırılması ilə müəyyən olunur.

Katalizatorun zəhərlənməsi onun aktivliyinin qismən və ya tamamilə itirilməsidir. Bu kənar qarışıqların katalizatorla bilavasitə qarşılıqlı təsiri nəticəsində baş verir. Ona görə də belə zəhərlərə *kontakt zəhəri* deyilir. Katalizatorun zəhərlənməsi dönmən və dönməyən ola bilər. Dönmən zəhərlənmədə katalizatoru zəhərləyən kənar qarışıqlar onu müvəqqəti zəhərləyir. Dönməyən zəhərlənmə zamanı katalizator öz aktivliyini daimi itirir. Onun aktivliyini regeneratolar vsitəsilə bərpa etmək, yaxud onu yenisi ilə əvəz etmək lazım gəlir.

Katalizatorun aktivliini bərpa edən maddələrə promotorlar deyilir.

Elə katalizatorlar vardır ki, onlar prosesdə baş verən reaksiyalardan birinin (əsas reaksiyanın) sürətini artırır, digər reaksiyaların sürətinə təsir etmir. Belə katalizatorlara *selektiv katalizatorlar* deyilir. Məsələn, nitrat turşusu istehsalında ammoniyakın azot 2-oksidi qədər oksidləşməsi reaksiyasının sürəti platin katalizatorla sürətlənir, əksinə həmin katalizator əlavə reaksiyalar hesabına azot 1-oksidi və azot

alınması reaksiyalarının sürətini zəiflədir. Deməli, burada platin selektiv katalizatorudur.

Bəzən reaksiyaya daxil olan maddələrdən, yaxud reaksiya məhsullarından biri katalizator rolunu oynayır. Belə reaksiyalara *avtokatalitik* reaksiyalar deyilir. Zəncirvari reaksiyalar avtokatalitik proseslərdir. Bu reaksiyaları aparmaq üçün mühitə xüsusi maddə əlavə edilir ki, bu da reagentləri həyəcanlandırır. Belə maddələrə *inisiatorlar* deyilir. İnisiatorlar katalizatorlardan fərqli olaraq reaksiya zamanı sərf olunur və nəticədə kimyəvi cəhətdən bərpa olunmur.

Kimyəvi reaktorlar

Kataliz prosesləri kontakt aparatları adlanan reaktorlarda aparılır. Reaktorlar texnoloji proseslərin əsas aparatlarıdır. Ona görə də istənilən reaktor bir sıra tələblərə cavab verməlidir. Bu tələblərin bəziləri aşağıdakılardır:

1) maksimum intensivlik, 2) maksimum selektivlik, 3) minimum enerji sərfi, 4) asan idarə olunmaq və sabit rejimlilik, 5) sadəlik və təhlükəsizlik.

Kimyəvi reaktorlara misal olaraq sənaye sobalarını, kontakt aparatlarını, sintez kalonlarını, absorber və desorberləri göstərmək olar. Reaktorlara qədər yerləşdirilmiş aparatlar əsas texnoloji prosesin aparılması və məhsulun alınması üçün hazırlıq aparatları, reaktordan sonra yerləşdirilmiş aparatlar isə məhsulun ayrılması üçün lazım olan aparatlardır.

Kimyəvi reaktorlarda texnoloji parametrlərin (reaksiya müddəti, müxtəlif nöqtələrdə temperatur, kütləötürmə sürəti, təzyiq, katalizatorun aktivliyi) saxlanması təyin olunmalıdır.

Kimyəvi reaksiyalar və kütləötürmə (diffuziya) hallarını özündə birləşdirən kimyəvi-texnoloji prosesləri aparmaq üçün lazım olan aparatlara kimyəvi reaktorlar deyilir.

Kimya sənayesində bərk katalizatorlar iştirakında qaz fazada aparılan proseslər daha çox yayılmışdır. Ona görə də bu tip proseslərin aparılmasında tətbiq olunan kontakt aparatlarını nəzərdən keçirək. Katalizator təbəqəsinin vəziyyətindən asılı olaraq belə aparatlar müxtəlif olur:

1. *Hərəkətsiz və ya süzgəc katalizatorlar ilə işləyən kontakt aparatları*; 2. *Qaynar katalizator layı ilə işləyən kontakt aparatları*; 3. *Hərəkət edən katalizator layı ilə işləyən kontakt aparatları*.

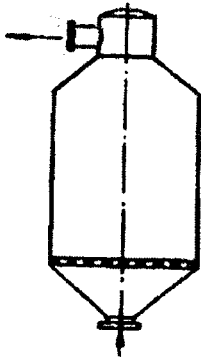
Hərəkətsiz katalizator layı ilə işləyən kontakt aparatları ətraf mühitlə istilik mübadiləsinin müxtəlifliyinə görə bir-birindən fərqlənir. Bunlardan həcmi, rəfli və borulu reaktorları göstərmək olar. Həcmi reaktorlar silindr formada olub, metaldan hazırlanır (şəkil 11). Reaktorun aşağı hissəsində üzərində katalizator layı olan tor yerləşdirilir.

Qaz aparata ya yuxarıdan, ya da aşağıdan daxil olur. Bu aparatlar öz quruluşuna görə sadədir və ucuz başa gəlir. Belə reaktorlar qalındıvarlı silindrlər olduqlarından onlarda yüksək təzyiqli prosesləri aparmaq mümkündür. Bununla bərabər həcmi reaktorlarda istilik mübadiləsinin təmin etmək üçün lazım olan qurğular olmadığından onların tətbiq sahələri nisbətən məhduddur.

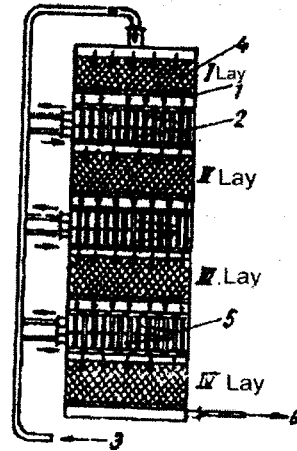
Həcmi reaktorlar istilik effekti böyük olmayan, çox həssas olmayan və bir keçid üçün çevrilmə əmsalı böyük olmayan proseslər üçün daha əlverişlidir. Reaktorda katalizator layının qalınlığı reaksiyanın sürətindən asılı olaraq müəyyən olunur. Katalizator layının qalınlığı reaksiyanın sürəti ilə tərs mütənasib olaraq seçilir. Yəni sürətli reaksiyalar üçün katalizator layı nazik götürülür.

Belə aparatlar neftin emalında (riforminq, alkilləşmə) daha çox işlədilir.

Rəfli kontakt aparatları (şəkil 12) həcmi aparatlara nisbətən konstruksiya cəhətdən daha mürəkkəb



Şəkil 11. Həcmi kontakt aparatının (hərəkətsiz katalizatorla) sxemi.



Şəkil 12. Rəfli kontakt aparatının sxemi:

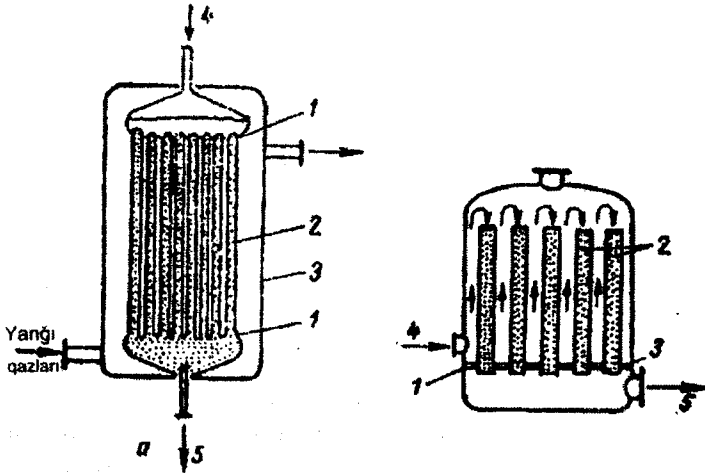
1-deşikli rəflər, 2-istilikdəyişdirici, 3-daxil olan qazlar, 4-katalizator, 5-arakəsmə, 6-xaric olan qazlar.

olur. Belə aparatlarda katalizator layları bir neçədeşikli rəflər üzərində yerləşdirilir.

Rəflər bir-birinin üzərində müxtəlif məsafələrdə quraşdırılır. Belə aparatlarda istilik vermək və ya aparatlardan istiliyi kənar etmək istilikdəyişdiricilərin köməyi ilə əldə edilir. İstilikdəyişdiricilər aparatın daxilində yerləşdirilir. reaksiyaya daxil olan maddələr (qazlar) katalizatorun bir layından keçdikdən sonra istilikdəyişdiriciyə daxil olur. Hər bir aralıq istilikdəyişdiricidə reagentlər lazım olan temperatura qədər ya isinir, yaxud da soyuyur. Beləliklə proses müxtəlif katalizator layında müxtəlif temperaturalarda aparılır və reaktorun rejimi optimal şəraitə maksimum yaxınlaşır. Rəfli reaktorlar az da olsa hidravlik müqavimətə malik olduqlarından onların istismarı üçün çox enerji tələb olunmur. Rəf-

lərin və istilikdəyişdiricilərin sayı çox olduqda reaktorun rejimi optimal şəraitə daha yaxın olur. Lakin rəflərin və istilikdəyişdiricilərin sayının həddən çox olması onun konstruksiyasını mürəkkəbləşdirir ki, bu da reaktorun maya dəyərini yüksəldir. Rəfli aparatların digər çatışmayan cəhətləri ondan ibarətdir ki, qaz axınının bütün aparat boyu bərabər paylanması çətinləşir. Rəfli reaktorlar, məsələn, kükürd 4-oksidin kükürd 6-oksidə oksidləşməsi prosesində tətbiq olunur.

Borulu kontakt aparatlarında istilik mübadiləsi fasiləsiz davam edir. Katalitik reaksiya katalizatorla doldurulmuş borularda baş verir. Borular arasında iş istilikdaşıyıcılar (endotermik reaksiyalar zamanı) (şəkil 13a),



Şəkil 13. Borulu kontakt aparatının sxemi:

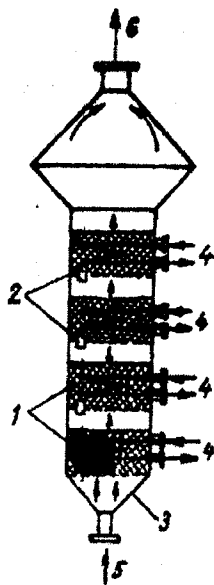
1-borulu tor, 2-katalizator boruları, 3-aparatın gövdəsi, 4-ilkin qazlar, 5-reaksiya məhsulları, 6-yanacaq qazları: a- borularda katalizator, yanacaq qazları ilə qızdırma, b - borularda katalizator, soyuq reagentlərlə istiliyin xaric olması.

yaxud soyuducu agentlər (ekzotermik reaksiyalar zamanı) (şəkil 13, b) hərəkət edir. Borularda hərəkət edən reagent-

lərlə borular arasında hərəkət edən istilikdaşıyıcı (soyuducu) əks-axın prinsipi üzrə hərəkət edir. Ayrılan istilikdən utilizator çənlərini qızdırmaq üçün istifadə edilir. Qaz aparatın aşağısından daxil olaraq katalizatorla dolu boruların arası ilə yuxarı qalxır, sonra isə yuxarıdan borulara daxil olaraq katalizatorla görüşür (şəkil 13, b). İstilik aparatdan fasiləsiz olaraq kənar edilir. Buna baxmayaraq aparatdakı temperatur rejimi optimal rejimdən uzaq olur. Bunun əsas səbəbi ondan ibarətdir ki, reaksiyanın əvvəlində onun sürəti böyük olduğundan ayrılan istilik də çox olur və onu aparatdan sürətlə kənar etmək lazım gəlir. Reaksiyanın sonun da isə ayrılan istilik bir neçə dəfə azalır. Ona görə də boruların yuxarı, xüsusilə orta hissəsi çox qızır, aşağı hissəsi isə

katalizatorun aktivliyini təmin edən temperatura qədər isinmir. Beləliklə də, katalizatorun aktivliyindən tam istifadə olunmur. Bu cəhətdən borulu reaktorlar rəfli reaktorlardan geri qalır. Borulu reaktorlarda temperaturu sabit saxlamaq üçün boruların sayını bir neçə minə çatdırmaq lazım gəlir ki bu da aparatın hazırlanmasını çətinləşdirir.

Qaynar katalizator layı ilə işləyən kontakt aparatları silindrik formada hazırlanır. O bir və ya bir neçə qazpaylayıcı torla təmin olunur (şəkil 14). Tor



Şəkil 14. Qaynar katalizator layı ilə işləyən kontakt aparatının sxemi:

1-qaynar katalizator layı, 2-qaz-paylanyan tor, 3-qaz paylanyan konus, 4-soyuducular, 5-ilkin qazlar, 6-reaksiya məhsulları.

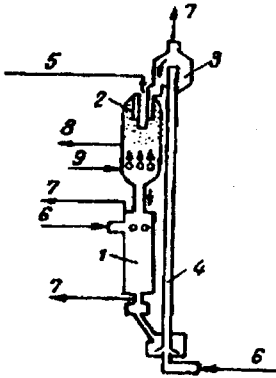
üzərində katalizator yerləşdirilir.

Katalizator (1) dənəvərləşdirilir və hissəciklərinin ölçüsü 0,5-1,5 mm olur. Aparatın aşağı hissəsindən reagentlər (5) elə sürətlə verilir ki, katalizator hissəcikləri hərəkətə gələrək katalizator layını da hərəkətə gətirir. Adama elə gəlir ki, katalizator qaynayır. Reaksiya məhsulları (6) aparatın yuxarı hissəsindən xaric olur. İstilik reaksiya zonasından katalizator daxilində yerləşdirilmiş soyuducular (4) vasitəsilə kənar edilir. Kontakt aparatının yuxarı hissəsi genişləndirilmişdir. Bu hissə katalizator hissəcikləri ilə aparılan tüstü qazlarının çıxarılması üçün nəzərdə tutulur. Qaynar laylı katalizatorla işləyən kontakt aparatlarından, məsələn, metanolun oksidləşməsi ilə formaldehid alınmasında istifadə edilir.

Bu qurğular öz quruluşuna görə çox sadə olur. katalizatorun daim hərəkət etməsi katalizator layının istilik keçiriciliyini təmin edir. Digər tərəfdən katalizator həmişə maye kimi hərəkət etdiyindən onu proses zamanı regenerasiya etmək mümkündür (neftin krekinq üsulu ilə emalı). Bu aparatların çatışmayan cəhəti ondan ibarətdir ki, katalizator hərəkət nəticəsində xırdalanır, sürtünmə nəticəsində hissəcikləri kiçilir. Odur ki, belə proseslər üçün xüsusi möhkəm kontakt kütləsi hazırlamaq lazım gəlir. Katalizator layı hərəkət edən kontakt aparatları iki hissədən ibarət olur: regeneratör və reaktor. Katalizator proses zamanı reaktorda öz aktivliyini itirir və ağırlıq qüvvəsi altında aşağı - regeneratörə axır və orada öz aktivliyini bərpa etdikdən sonra reagent buxarlarının təzyiqi hesabına yenidən reaktora daxil olur. Beləliklə, katalizator reaktor-regeneratör arasında fasiləsiz sirkulyasiya edir. Belə aparatlar neft məhsullarının buxar halında krekinq olunmasında geniş tətbiq olunur. Bu prosesdə xammal buxarları elə böyük sürətlə hərəkət edir ki, qazdakı katalizator hissəcikləri və sürtünmə qüvvəsi hissəciklərin çəkisini artırır. Nəticədə katalizator hissəcikləri buxar-qaz faza ilə birlikdə hərəkət edir və reaktordan qaz axı-

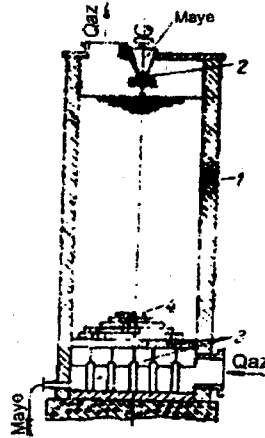
nı ilə birlikdə çıxır (şəkil 15). Katalizatorun əsas hissəsi re-aksiya məhsullarından tsiklon seperatorunda (ayırıcıda) ay- rılır və katalizator pnevmatik qaldırıcı (4) vasitəsilə regene- ratora (1) daxil olur. Regeneratorda katalizator üzərinə ya- tan kömür hissəcikləri yanır və təmiz katalizator közərmiş halda xammal buxarları və qaldırıcı (4) vasitəsilə yenidən reaktora (2) qaytarılır.

Heterogen qaz-maye sistemində gedən prosesləri apar- maq üçün lazım olan reaktorların ən mühüm növləri və onların əsas xarakteristikası 4-cü cədvəldə verilir. Bu apar- ratlar



Şəkil 15. Hərəkət edən kataliza- torla işləyən kontakt aparatının sxemi:

- 1-regenerator, 2 -reaktor,
- 3-bunker, 4-qal-dırıcı, 5-xam-mal,
- 6-hava, 7-tüstü qazları,
- 8-reaksiya məhsulları, 9-buxar.



Şəkil 16. Başlıqlı reaktorun sxemi:

- 1-gövdə, 2-maye səpələyən,
- 3-üzükvari torlar,
- 4-halqavari başlıqlar.

digər aparatlardan çox da fərqlənmir. Həmin aparatların köməyi ilə kimya zavodlarında fiziki kütlə-mübadilə proses- ləri və əməliyyatlarını, fiziki absorbsiya və desorbsiya, bu- xarlanma, distillə və rektifikasiya proseslərini aparmaq

mümkündür. Belə reaktorlarda soda, mineral turşular və bir sıra üzvi maddələr istehsal etmək olur. Deməli, göstərilən reaktorlar kimyəvi sorbsiya prosesləri üçün də yararlıdır.

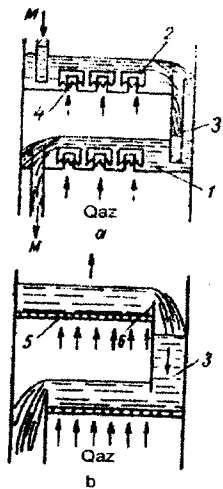
Başlıqlı kalonlar daha çox yayılmış reaktorlardır. həmin reaktorlar absorbsiya-desorbsiya prosesləri üçün nəzərdə tutulur. Bu kalonlarda sulfat və nitrat turşuları istehsal olunur və koks qazları emal edilir. Belə kalonlar ümumiyyətlə üzvi sintez proseslərində daha çox tətbiq olunur. Başlıqlı reaktorların sxemi 16-cı şəkildə verilir:

Barbotaj reaktorları (cədvəl 4) iki cür olur: Torlu və kolpaklı reaktorlar. Nimçələrin torlu və ya kolpaklı olması Q-M prosesinin xarakterindən asılı olur. Hər bir nimçə üzərində barbotaj yolu ilə maye həcmində qazın dispersləşməsi baş verir, yəni qaz qabarcıqları nimçədən keçən maye təbəqəsindən keçirilir. Nimçədə qaz-maye axını çarpaz, kalon boyu isə əks-axın prinsipi üzrə hərəkət edir. barbotaj kalonları geniş yayılmışdır. Bu reaktorlardan soda istehsalında, turşuların qatılaşdırılmasında, neftin emalında, distillə və rektifikasiya proseslərində, üzvi maddələr texnologiyasında istifadə edilir. Barbotaj kolonları quruluş etibarilə başlıqlı kolonlardan mürəkkəbdir. Onların qurulması, istismarı, təmizlənməsi daha çətindir və xərci böyükdür. Bununla belə, bu aparatlarda çevrilmə əmsalı böyük, intensivlik yüksək olur.

Barbotaj reaktorlarının sxemi 17-ci şəkildə göstərilir:

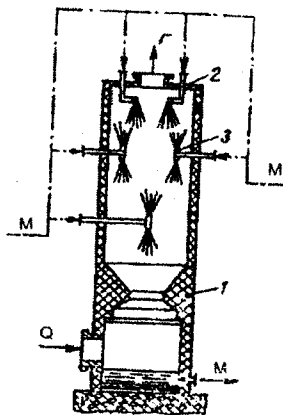
Mayeni səpələyən reaktorlar (cədvəl 4) da çox yayılmışdır. Bu tip reaktorlarda maye pnevmatik və ya mexaniki yolla qaz axını və ya qaz həcmində səpələnərək dispersləşir. Maye fazanın səthi bu yolla aktivləşir və genişlənir ki, bu da prosesin sürətlənməsinə səbəb olur. Belə reaktorlar, məsələn, sulfat turşusu istehsalında tətbiq olunur (şəkil 18).

Köpüklü reaktorlarda (cədvəl 4) qaz aşağıdan yuxarıya doğru hərəkət edir. Qaz reaktordakı tordan və maye layından elə sürətlə keçirilir ki, sürtünmə qüvvəsi (qazın mayeyə sürtünmə qüvvəsi) mayenin kütləsinə bərabər olur. Nəticədə asılı halda olan köpük təbəqəsi əmələ gəlir ki, o da çox sürətlə hərəkət edir. Bu zaman maye qabarcıqları qaz axını ilə yaxşıca qarışır.



Şəkil 17. Barbotaj reaktorlarının sxemi:

- 1-kolpaklı nimçələr,
- 2-qapaq, 3-mayenin tökülmə borusu, 4-qaz borusu, 5-torlu nimçələr, 6-axın yolu.



Şəkil 18. Mayeni səpələyən reaktorun sxemi:

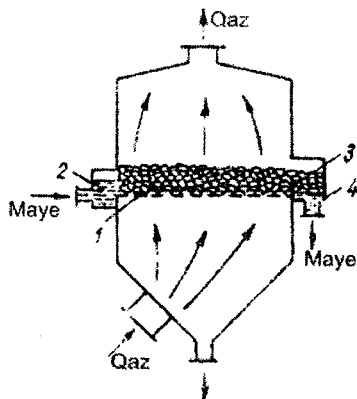
- 1-gövdə, 2-mayenin bir qat səpələyicisi, 3-mayenin ikinci qat səpələyicisi.

Qazın sürəti reaktorun en kəsiyində 1 m/san-dən 3,5 m/san-ə qədər olur. Böyük sürətlərdə köpük təbəqəsi parçalanır və qazla asılan damcılar şəklində aparılır. Adsorbsiya-desorbsiya proseslərində çoxrəfli köpüklü reaktorlardan istifadə edilir. Bu reaktorlara daxil olan mayenin hamısı torun deşiklərindən keçərək üstdəki rəfdən qazın hə-

rəkətinə əks istiqamətdə axır və hər rəf üzərində köpük təbəqəsi əmələ gətirir. Lazım olan rəflərin sayı prosesin selektivliyinə və reaktorun F.İ.Ə.-a görə müəyyən edilir (şəkil 19).

B o r u l u r e a k t o r (boru boruda olan reaktorlar) əsas etibarilə yüksək temperaturlu proseslər üçün nəzərdə tutulur (cədvəl 4). Bu tip aparatlar üzvi texnologiyanın piroliz proseslərində tətbiq edilir. Onlar həmçinin absorbsiya-desorbsiya proseslərində də istifadə olunur. Məsələn, hidrogen-xlorid qazının absorbsiya prosesi (xlorid turşusu istehsalında) borulu reaktorlarda aparılır.

Göstərilən reaktorların və bir sıra digər reaktorların işləmə prinsipləri və ümumi xarakteristikaları 4-cü cədvəldə ətraflı verilmişdir.



Şəkil 19. Köpüklü reaktorun sxemi:

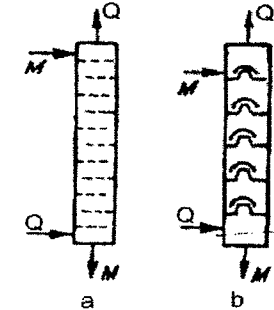
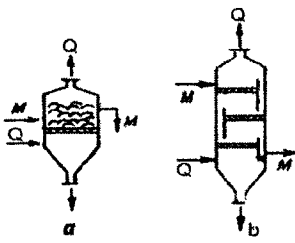
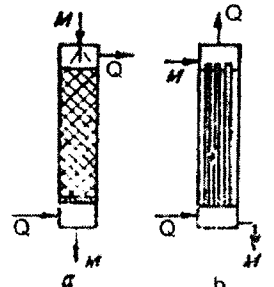
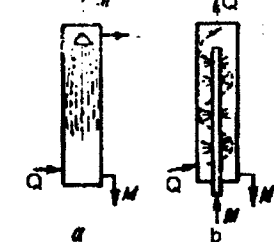
1-tor, 2-qəbul qutusu, 3-axın yolu, 4-köpüyün parçalanma qutusu.

Heterogen proseslərdə işlədilən bəzi reaktorlar və onların xarakteristikası

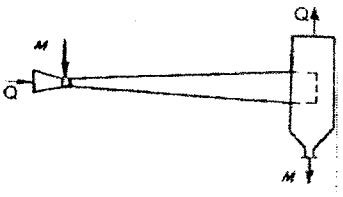
Cədvəl 4.

Reaktorlar	Reaktorun konstruktiv forması	Reaktorun iş rejimi və ümumi xarakteristikası
1	2	3
Borulu reaktorlar		İdeal sıxışdırma (İ.S.) prinsipi üzrə işləyir. Fazalar həm əks, həm də paralel axınla hərəkət edir. Bu reaktorun intensivliyi aşağıdır. Quruluşca sadədir, idarə etmək və tənzimləmək asandır.

4-cü cədvəlin davamı

<p>Barbotaj reaktorları: a) tor nim-çəli, b) kalpak nim-çəli</p>		<p>İşin intensivliyi yüksək deyil. İşdə kifayət qədər etibarlıdır. Qaza görə İ.S. mayeyə görə tam yerdəyişmə (T.Y.) prinsipi üzrə işləyir. Enerji sərfi böyükdür, selektivdir və rejimi sabitdir. Həm əks axın, həm də çarpaz proseslər üçün yararlıdır.</p>
<p>Köpüklü reaktorlar</p>		<p>Reaktor çarpaz və əks axın prinsipləri üçün yararlıdır. Intensivliyi yüksəkdir, asan idarə olunur, quruluşu sadədir. Yüksək selektivliyə malik olmaqla enerji sərfi böyük deyil.</p>
<p>Kalon reaktorları: a) başlıqlı b) borulu və ya lövhə başlıqlı</p>		<p>İşdə etibarlıdır. Qaza görə enerji sərfi aşağıdır. Yaxşı idarə olunur, rejimi sabitdir. Quruluşu sadədir və intensivliyi aşağıdır. İ.S. prinsipi üzrə işləyir. Əks və paralel axınlı proseslər üçün yararlıdır.</p>
<p>Mayeni səpələyin reaktorları a) səpələyən kalon b) tsiklonlu skrubber</p>		<p>Reaktor əks axınlı proseslər üçün yararlıdır. İ.S. prinsipi üzrə işləyir. İş rejimi sabit deyil, mayenin səpələnməsinə çoxlu enerji sərf edir. İşin intensivliyi və hidravlik müqaviməti aşağıdır.</p>

4-cü cədvəlin davamı

<p>Mayeni toz kimi səpələyən reaktorlar</p>		<p>Paralel axınlı proseslər üçün yararlıdır. Yüksək intensivliyə malikdir. Tam yerdəyişmə Prinsipi üzrə işləyir. Hidravlik müqaviməti və enerji sərfi böyükdür. Rejimi çətin tənzimlənir.</p>
---	---	---

Texnoloji proseslərin əsas sobaları

Yüksəktemperaturlu prosesləri aparmaq üçün müxtəlif qurğulardan – sobalardan, avtoklavlardan, kontakt aparatlarından, buxarlandırıcılardan, çənlərdən və s. istifadə edilir. Bunlardan sənaye sobaları daha çox tətbiq olunur.

Sənaye sobaları dedikdə, elə bir aparat nəzərdə tutulur ki, həmin aparatda yanan yanacaq, kimyəvi reaksiya və ya elektrik enerjisi hesabına istilik əldə edilir. Bu istilik müxtəlif maddələrin termiki emalına sərf olunur. Bu zaman emal olunan xammal həm fiziki, həm də kimyəvi çevrilmələrə məruz qala bilər. Sənaye sobaları bir sıra texnoloji və energetik tələblərə cavab verməlidir. Bu tələblər aşağıdakılardır:

1. İstiliyi mənbədən alıb, qızdırılan materiala asanlıqla ötürməlidir.
2. İstilikdən istifadə əmsalı maksimum, istilik itkisi minimum olmalıdır.
3. məhsulun çıxımı və keyfiyyəti yüksək olmalıdır.
4. Konstruksiyası sadə, davamlılığı (möhkəmliyi) yüksək olmalıdır.
5. Sobanın işi mexanikləşdirilmiş və avtomatlaşmış olmalıdır.

Aparılan texnoloji proseslər və onların aparılma şəraiti müxtəlif olduğundan sobalar da müxtəlif olur. Odur ki, onların dəqiq bir təsnifatı mövcud deyil. Sənaye sobalarını

müxtəlif əlamətlərinə görə bir neçə qrupa bölmək olar: istehsal sahəsində işləməsinə, texnoloji məqsədinə, istilik enerjisinin mənbəyinə, qızdırma və doldurma üsuluna görə bir-birindən fərqlənən müxtəlif sənaye sobalarından istifadə olunur.

Texnoloji məqsədinə görə quraşdırılan sobalar *quruducu, qızdırıcı, yandırıcı və əridici* sobalara bölünür. quruducu sobalarda bərk materialın nəmliyi qurudulur, qızdırıcı sobalarda material aqrekat halı dəyişmədən lazım olan temperatura qədər qızdırılır, yandırıcı sobalarda mineral maddələr yandırılır, əridici sobalarda isə emal olunacaq material əridilir.

İstilik mənbəyinin növünə görə aşağıdakı sobalar mövcuddur:

1. *Yanacaq sobaları*. Bu sobalarda bərk, maye, qaz və tozvari yanacaqlardan istifadə edilir.
2. *Elektrik sobaları*. Bu sobalarda enerji mənbəyi kimi elektrik enerjisindən istifadə edilir.
3. *Lazım olan temperaturu baş verən reaksiyalar hesabına əldə edən sobalar*. Kükürlü filizləri, kolçedanı yandıran sobalar və domna sobaları belə sobalardır.

Sobalar qızdırma üsuluna görə iki cür olur:

1. *Birbaşa qızdıran sobalar*. Bunlar aşağıdakılardır:

a) istilik mənbəyi bilavasitə qızdırılan material ilə təmasda olan sobalar (səment sobaları, qlinozem istehsalında kalsinasiya sobaları, elektrik qövsü hesabına birbaşa qızdıran sobalar və s.).

b) istilik enerjisi ilə qızdırılan materialdan ayrılan sobalar (şıxta yandıran sobalar, metanı yüksək temperaturda oksidləşdirən sobalar).

v) istiliyi mənbədən materiala qızdırılmış hava, yaxud yanacaq qazları vasitəsilə verən sobalar (küzərmiş bərk maddələrin şüalanması hesabına qızan sobalar da bu qrupa daxildir). Tünel, əksetdirici və quruducu sobalar bu tip sobalara aid edilir.

2. Dolayı yolla qızdıran sobalar.

Belə sobalarda istilik mənbədən materiala sobanın divarları vasitəsilə ötürülür. Xaricdən qızdırılan yarımkoklaşdırma və koklaşdırma sobaları, retort, tigel və mufel sobaları, borulu sobalar belə sobalardır.

Birbaşa qızdıran yanacaq sobalarının istilikötürməsi aşağıdakı ümumi tənliklə ifadə olunur:

$$Q = \alpha \cdot F \cdot \Delta t \quad (41)$$

Burada: Q – vahid zamanda ötürülən istiliyin miqdarı, Δt – qızdırılan material ilə istilikdaşıyıcının temperaturları arasındakı fərq, F – qızdırma səthi, α - istilikvermə əmsalındır. α - istilikdaşıyıcının və qızdırılan materialın yerdəyişmə sürətindən, xüsusi çəkisindən, özlülükdən, istilikkeçirmə əmsalından, istilik tutumundan, səthin forma və halından, sobanın quruluşundan asılıdır.

Yanacaqla dolayı yolla qızdırılan sobalar üçün həmin tənlik belə yazılır:

$$Q = K_T \cdot F \cdot \Delta t \quad (42)$$

Burada: K_T – istilikötürmə əmsalı adlanır və ümumi halda 43-cü tənliklə ifadə olunur:

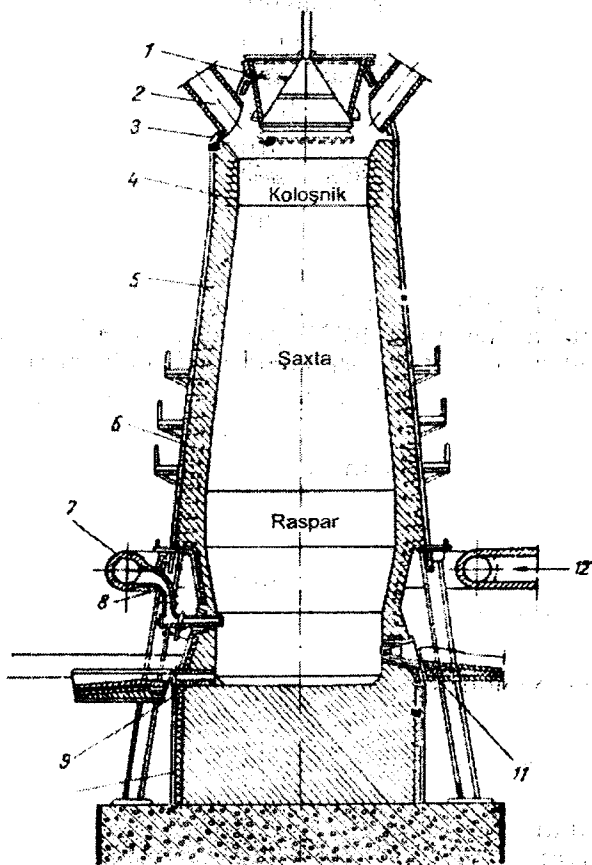
$$K_T = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (43)$$

Burada: α_1 – istilikdaşıyıcıdan sobanın divarlarına istilikvermə əmsalı; α_2 – sobanın divarlarından qızdırılan materiala istilikvermə əmsalı; δ - divarın qalınlığı; λ - soba divarının istilik keçiriciliyidir.

Əsas sənaye sobalarından domna sobalarını, rəfli mexaniki sobaları, tozvari yandırma sobalarını, qaynar lay sobalarını, fırlanan barabanlı sobaları, borulu sobaları və s. göstərmək olar.

Domna sobaları. 2000 m³ faydalı həcmə malikdir. Bu sobaların əsas hissələri koloşnik, şaxta, raspar və furmadır

(şəkil 20). Sobaya şıxta koloşnikdən dodurulur. Xammal şaxta boyu aşağı hərəkət edir. Kۆmürün yanması nəticəsində əmələ gələn dəm qazı hesabına dəmir filizlərindən dəmir reduksiya olunur.



Şəkil 20. Domna sobasının sxemi:

1-doldurma bunkeri, 2-qaz çıxan borular, 3-polad gövdə, 4,5-daxili örtük, 6-soyuducu, 7-dairəvi hava yolu, 8-furma qolu, 9- çuqun tökülən yol, 10-leşad gövdəsi, 11-şlak tökülən yol, 12-isti hava.

Prosesin sürətli getməsi üçün sobada 1600- 1800⁰ S temperatur yaranır. Prosesin intensivləşməsi üçün hava əvəzinə təmiz oksigen və ya təbii qaz üfürülür. Rəspər zonasında temperatur 900⁰S –ə çatır. Bu zonada dəmir reduksiya olunur və yüksək temperatur zonasını keçərək əriyir, kömürlə qarışır və bircinsli ərinti – sementit əmələ gətirir ki, bu da çuqunun əsas tərkibidir. Maye çuqun və şlak sobadan vaxtaşırı çıxarılır. Sobanın daxili hissəsi odadavamlı kərpiclə hörülür. Kərpic təbəqəni temperaturun təsirindən qorumaq məqsədilə xaricdən soyudulur.

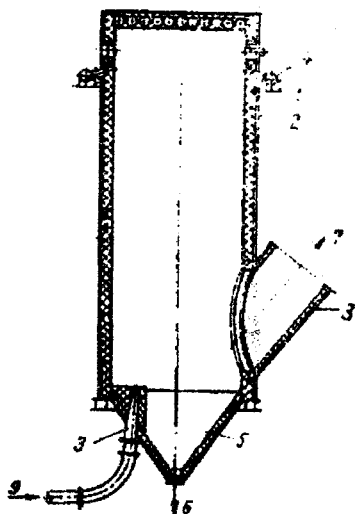
Rəfli mexaniki sobalar çox yayılmış sobalardan biridir. Bu sobalarda kolçedan və digər kükürlü birləşmələr yandırılır. Rəfli sobalarda material mexaniki qarışdırıcılar vasitəsilə qarışdırılır. Soba polad silindrdən ibarətdir (şəkil 21). Onun içərisi odadavamlı kərpiclə hörülür. Rəflər bir-birinin üzərində yerləşdirilir. Bərk material bir rəfdən digər rəfə dəşiklərdən tökülür. Bu məqsədlə dırmaqlardan istifadə olunur. Yandırmaq üçün lazım olan hava sobaya aşağıdan daxil olur. Hava sobadan xaric olan bərk qalığa toxunaraq onu soyudur, özü isə qızır. Yuxarı qalxaraq kolçedanla görüşür və kükürd qazı ilə zənginləşir. Qaz qarışığı (yanma qazları) sobadan xaric edilir. Sobada temperatur 850-900⁰S olur.

Tozvarı yandırma sobalarında toz halına salınmış bərk material hava axınında sobaya toz kimi daxil olur və orada yandırılır. Soba poladdan silindr formasında hazırlanır (şəkil 21).

O polad gövdədən (1) ibarətdir. İçərisi odadavamlı kərpiclə örtülür (2). Sobanın aşağısında bərk materialı toz halında hava ilə birlikdə sobanın daxilinə üfürən forsunka (3) yerləşdirilir. Sobanın daxili 1000⁰S-də közərmiş olur. Forsunkanın təsiri ilə tozvarı material hava ilə birlikdə sobanın yuxarı hissəsinə qaldırılır və orada sobanın yuxarısından verilən hava (4) ilə qarışır. Beləliklə, hava materialın yaxşı yanmasını təmin edir. Bu proses bir neçə saniyədə ba-

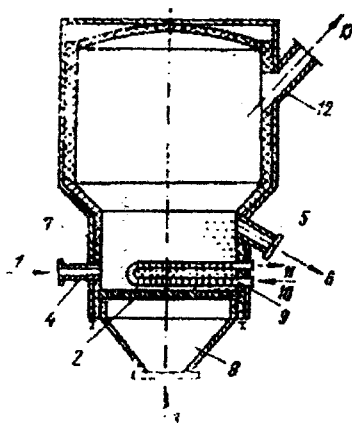
şa çatır. Yanmayan bərk qalıq (6) sobanın aşağı hissəsinə yataraq konusvarı bunkerdə (5) toplanır və oradan xaric olur. Əmələ gələn peç qazı (7) sobanın yan tərəfində yerləşdirilmiş ştutserdən (8) 1000^oS-də xaric olur. Əvvəlcə buxar qazanlarına daxil olaraq istiliyini suya verir və soyuyur, sonra isə oradan xaric olaraq təmizlənməyə göndərilir.

Tozvarı materialın reaksiya qabiliyyəti yüksək olduğundan sadə quruluşlu bu sobaların işi çox intensiv olur. Belə sobalarda sulfat turşusu istehsalı üçün xammal hesab edilən kolçedan yandırılır.



Şəkil 21. Tozvarı yandırma sobasının sxemi:

1-sobanın gövdəsi, 2-dvxili örtük, 3-forsunka, 4-hava, 5-bunker, 6-bərk qalıq, 7-peç qazı, 8-ştutser, 9-tozvarı xammal-hava qarışığı.



Şəkil 22. Qaynar lay sobasının sxemi:

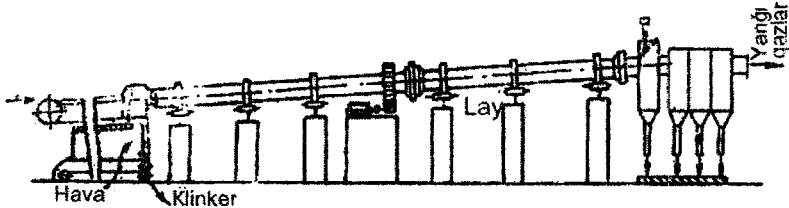
1-xammal, 2-tor, 3-hava, 4-xammal verən şnek, 5-bərk qalıq (yanıq) çıxan boru, 6-bərk qalıq, 7-yandırma kamerası, 8-bunker, 9-soyuducu, 10-su, 11-buxar, 12-peç qazı çıxan boru, 13-peç qazı.

Qaynar lay sobası istənilən formada ola bilər. bunlardan birinin üfqi kəsiyi 22-ci şəkildə verilmişdir. Bərk kolçedan və ya digər bərk maddənin tozvarı hissəcikləri sobanın toru üzərinə ötürülür.

Oraya fasiləsiz olaraq hava da verilir. Hava elə sürətlə verilir ki, hissəciklərin havada asılı halda qalması təmin olunur. Daim pulsasiya hərəkətində olan hissəciklər tora doğru hərəkət edir və orada sürətlə yanmağa başlayır. Sobaya daxil olan havanın miqdarı layın «qaynamasına» və sulfidlərin oksidləşməsinə kifayət edir. Qaynar layın yüksəkliyi tordan yanığın (bərk qalıqın) çıxdığı pəncərəyə qədər olan məsafə ilə təyin olunur. Bu yüksəklik bəzən pəncərədən çıxan yanığın sürətilə tənzimlənir.

Bu cür sobaların iş intensivliyi rəfli mexaniki sobaların iş intensivliyindən 10 dəfə çox olur. Yanma reaksiyasının istiliyindən buxar almaq üçün istifadə edilir. Bu məqsədlə su qızdırmaq üçün qaynar lay zonasında istilikdəyişdiricilər və ya çoxlu sayda borular yerləşdirilir. Boruların ucu isə buxar qazlarına birləşdirilir.

Fırlanan barabanlı sobalar uzunluğu 200m-ə qədər olan polad gövdədən ibarətdir (şəkil 23). Bu sobalar əsasən sement almaq üçün quraşdırılır. İçərisi odadavamlı kərpiclə



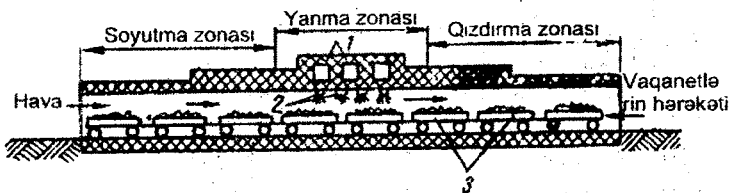
Şəkil 23. fırlanan barabanlı sobanın sxemi.

hөрülür. Soba üfqi vəziyyətdə azca maili (2-4%) diyircəklər üzərində yerləşdirilir. İş prosesində soba daim fırlanır. Onun fırlanma sürəti 1 – 1,5 dövr/dəqiqədir. Sement üçün lazım olan xammal (şıxta), fasiləsiz olaraq sobanın yuxarı

hissəsindən doldurulur. Fırılma nəticəsində material yavaş-yavaş aşağı doğru hərəkət edir. Sobanın aşağısından hazır məhsul – bişmiş klinker xaric olur. Lazım olan istiliyi almaq üçün qaz, maye və ya toz halında yanacaq sobanın aşağısından əks axın prinsipi üzrə sobanın daxilinə doğru hərəkət edir. Bunun nəticəsində xammal qarışığı tədricən qızır və qurutma, qızma, kalsinasiya (900-1200⁰S), bişirmə (1300-1450⁰S) və soyutma zonalarından keçir. Alınmış *klinker* üyüdülmək üçün dəyirmanlara göndərilir.

Tunel sobalar – saxsı məmulatlar almaq üçün lazım olan materialı yandıran sobalardır (şəkil 24).

Bu sobaların uzun kanalı olur. Kanalın uzunluğu 165 m-ə çatır və onun daxilində relslər üzərində vaqonətlər hərəkət edir. Vaqonətlərə hazır xammal doldurulur. Onlar odadavamlı kərpicdən hazırlanır, yanları isə dəmir örtüklə örtülür. Vaqonətlər hərəkət etdikdə dəmir şitlər qum təbəqəsi boyu hərəkət edir və 100 – 150 mm quma daxil olur. Beləliklə, qum, bağlayıcı rolunu oynayaraq (qum bağ-



Şəkil 24. Tunel sobanın sxemi:

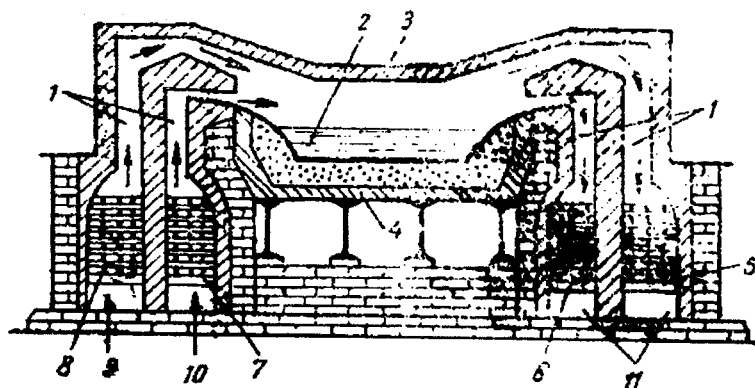
1-hava verən kanal, 2-lampalar, 3-vaqonətlər.

layıcı şəkildə göstərilməmişdir) yüksək temperatura qədər qızmış qazların vaqonətlər altına daxil olmasına imkan vermir. Bu da vaqonətlərin aşağı hissəsini və relsləri yüksək temperaturun təsirindən qoruyur. Tunel sobalar üç zondan ibarətdir: qızdırma zonası, yandırma zonası və soyutma zonası. Yandırma zonasına lampalar vasitəsilə qaz yanacaq verilir. Yanacaq hava ilə qarışaraq yanır və saxsı məmulatın formalaşması üçün lazım olan 1250-1500⁰S temperatur ya-

radır. Vaqonətlər məmullatla birlikdə birinci zonaya daxil olur, yandırma zonasından gələn yanacaq qazları ilə qızır və ikinci zonaya keçir. Orada lazım olan temperatura qədər qızır və axırncı zonada öz temperaturunu havaya verərək soyuyur. İsinmiş hava yandırma zonasına verilir və orada yanacağın yanmasına kömək edir.

Marten sobaları – polad almaq üçün ən çox yayılmış sobalardan biridir (şəkil 25). Marten sobalarında bir dəfəyə 500 t polad əridilir. Soba gövdədən, ön və arxa divarlarından və sobaaltından ibarətdir. Sobaaltı, işçi fazanı regeneratordardan (5 – 8) ayırır.

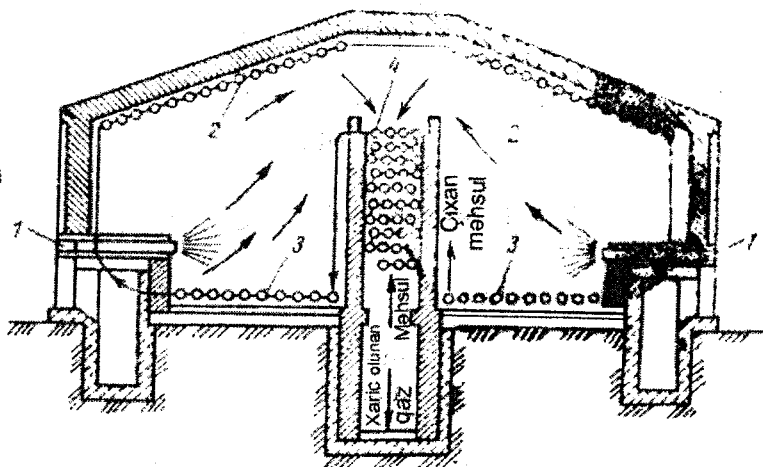
Ön divarda şixtanın doldurulması üçün pəncərə, arxa divarda ərimiş poladın xaric olması üçün bir, yan divarların hər birində havanın və qaz yanacağın verilməsi üçün iki deşik vardır. Bu deşiklər həm də yanma məhsullarının kanalla regeneratora daxil olmasını təmin edir. Sobanın aşağı hissəsini odadavamlı materialdan hörülmüş regeneratör təşkil



Şəkil 25. Marten sobasının sxemi:

1-yanacağın və havanın daxil olduğu, yanma məhsullarının xaric olduğu kanallar, 2-işçi faza, 3-gövdə, 4-sobaaltı, 5-8 –regeneratorlar, 9-hava, 10-yanacaq (qaz), 1-xaric olan qazlar.

edir. Regenerator işçi fazadan gələn qazların temperaturu (1600⁰S) hesabına qızır. Həmin qazlar öz temperaturunu regeneratorda verdikdən sonra oradan 500 – 600⁰S –də xaric olur. Regeneratorların tətbiqi həm istilikdən qənaətlə istifadə etməyə, həm də alışma (1800⁰S) və əritmə (1700⁰S) zonalarında prosesi yüksək temperaturla təmin etməyə imkan verir. Yanacaq və hava regeneratorda lazım olan temperaturu alır.



Şəkil 26. Radiant borulu sobanın sxemi:
1-forsunka, 2,3- radiant boruları, 4-konveksiya kamerası.

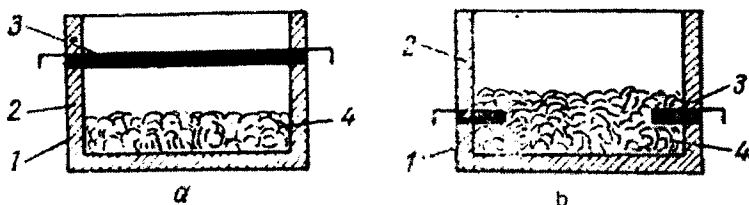
Borulu sobalar çoxlu sayda boruları olan kameradan ibarətdir (şəkil 26). Borular həm alovlu zonada, həm də isti tüstü qazları yolunda yerləşdirilir. Qızdırılacaq maye və ya qaz qarışığı borularda sürətlə hərəkət edir. Boru içərisində hərəkət edən qarışıqla yanacaq qazları əks axın Prinsipi üzrə hərəkət edirlər. Yanacaq qazları boruları xaricdən qızdırır. Boru daxilində hərəkət edən maye və ya qaz qarışığı həmin istilikdən isinir və boru daxilində sürətlə hərəkət edir. Bu da sobanın intensivliyinin yüksək olmasını təmin edir.

İstiliyin əsas hissəsi alovdan və odadavamlı örtükdən radiasiya yolu ilə verilir. Borulu sobalar üzvi sintezdə yanacaqların emalı zamanı geniş tətbiq olunur. Neft əvvəlcədən qızdırılır və ikikameralı borulu krekinq qurğusunun konveksiya bölməsinə forsunkalar vasitəsilə (1) daxil olur (4). Sonra ardıcıl olaraq hər iki kameranın döşəmə (3) və tavan radiasiya (2) borularından keçirilir. Nəhayət ikinci kameranın döşəmə boruları (3) ilə xaric olur. Sobanın maili örtükləri tavn borularının eyni cür qızmasını təmin edir. Neftin fiziki emal üsulunda bu cür radiant borulu sobalardan istifadə edilir.

Elektrik sobaları bir neçə qrupa bölünür: müqavimət sobaları, qövs sobaları, kombinə olunmuş sobalar, induksiya sobaları.

Müqavimət sobalarında elektrik keçiricisi rolunu material özü oynayır (şəkil 27). Materialın müqaviməti böyük olduğundan qızma sürətlə gedir.

Qövs sobalarında (şəkil 28) elektrik qövsü qızdırılan material təbəqəsinə yerləşdirilmiş elektrodlar arasında yaranır. Material qövsün şüalanması hesabına qızır.



Şəkil 27.a) Dolayı yolla qızdıran elektrik müqavimət sobasının sxemi:

1-polad gövdə, 2-odadavamlı örtük, 3-müqavimət (kömür mil), 4-qızdırılan material.

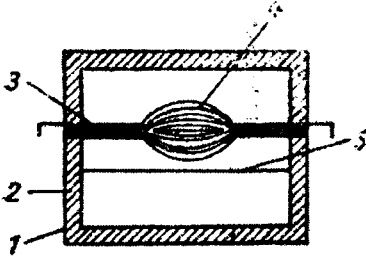
b) Birbaşa qızdıran elektrik müqavimət sobasının sxemi:

1-polad gövdə, 2-odadavamlı örtük, 3-elektrodlar, 4-qızdırılan material.

Kombinə edilmiş sobalarda (şəkil 29) materialın qızması həm elektrik qövsü, həm də elektrik cərəyanının bərk və ya ərimiş materialdan keçməsi hesabına baş verir.

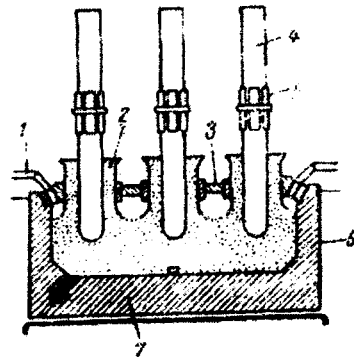
İnduksiya sobalarında material qızma obyektində induksiya olunmuş cərəyan hesabına qızır. Belə induksiya cərəyanı qızdırıcıda istilikötürmə hesabına yarana bilər.

İnduksiya sobaları metallurgiya proseslərində metalların əridilməsi üçün tətbiq olunur. Bu sobalar dəmir içlikli və ya içliksiz olur. İçliyi olmayan induksiya sobaları makara tipli olub, makara daxilində metal (şixta) olur. İnduktordan dəyişən cərəyan keçdikdə dəyişən maqnit sahəsi yaradır ki, bu da metal şixtada induksiya cərəyanının yaranmasına səbəb olur. Həmin cərəyanın hesabına istilik ayrılır.



Şəkil 28. Dolayı yolla qızdırılan elektrik qövs sobasının sxemi:

1-sobanın gövdəsi, 2-odada-vamlı örtük, 3-elektrodlar, 4-qövs, 5-ərimiş metalın səviyyəsi



Şəkil 29. Kombinə edilmiş elektrik sobasının sxemi:

1-qaz soran borular, 2-doldurma yolu, 3-bağlar, 4-elektrodlar, 5-tutqaclar, 6-polad gövdə, 7-odadavamlı örtük.

Müasir sobalarda kütlə və istilik mübadiləsi proseslərinin maksimum intensivləşməsi faydalı istilik əmsalı ilə uyğunlaşdırılır.

IV FƏSİL. KİMYA İSTEHSALININ LAHIYƏLƏŞDİRİLMƏSİ. KİMYƏVİ TEXNOLOJİ PROSESLƏRİN VƏ REAKTORLARIN MODELLEŞDİRİLMƏSİ

Kimya istehsalının lahiyələşdirilməsi

Yeni istehsal qurğuları və aparatlarının kəşfi və quraşdırılması sənayedə mövcud olan və fəaliyyət göstərən qurğuların iş prinsipinə, yaxud laboratoriyada aparılan tədqiqat işlərinin nəticələrinə əsaslanır. Bu zaman kimyəvi texnologiyanın əsas qanunauyğunluqlarından istifadə edilir. Bu səbəbdən də həmin qanunauyğunluqları bilmək tələb olunur.

Yeni bir texnoloji sistem təşkil etmək üçün ilk növbədə *layihə tapşırığı* lazımdır.

Layihə tapşırığının tərkib hissəsini texnoloji qeydlər və sxemlər, əsas aparatların – əksər hallarda reaktorların çertyojları təşkil edir. Layihə tapşırığını layihə təşkilatlarına müvafiq nazirliklərin göstərişi ilə elmi-tədqiqat institutları verir. Layihə tapşırığındakı ilkin məlumatlarda göstərilən parametrlər layihələşdirilməni şəraitdən asılı olaraq qismən dəyişdirə bilər. Tapşırıqdakı ilkin məlumatlarda əsasən aşağıdakı parametrlər göstərməlidir: 1) istehsal prosesinin yeri, 2) istehsalın texnoloji sxemi; 3) istehsal gücü; 4) alınan məhsulun növü; 5) istifadə olunan xammalın növü və keyfiyyəti; 6) texnoloji rejimin parametrləri; 7) texnoloji aparatlar və onlar üçün lazım olan materiallar; 8) prosesin nəzarət və tənzimləmə sxemi.

Göstərilən parametrlərin hər biri elə seçilməlidir ki, o yalnız bir qurğunun deyil bütöv prosesin optimal işləməsini təmin etsin. Bundan məqsəd bütöv istehsal prosesinin optimal işləməsini təmin etməkdir. Lakin kimyəvi prosesin xarakterindən və layihənin ümumi və ya konkret xarakter daşmasından asılı olaraq göstərilən parametrlərin bəziləri yeniləri ilə əvəz edilə bilər, onlara əlavə oluna bilər, yaxud

bəzilərdən istifadə olunmaya bilər. Parametr bəzən bir əməliyyatın minimal enerji və ya material sərfini təmin etdiyi halda bütöv prosesin və ya başqa bir əməliyyatın maksimal sərf ilə işləməsinə gətirib çıxarır. Məsələn bərk maddənin dispersliyinin artması onun həlledicidə yaxşı həll olmasını təmin edir, yəni həlletmə əməliyyatı ucuzlaşır. Lakin eyni zamanda bərk maddənin dispersliyinin artırılması daha çox enerji və vaxt tələb edir. Bu da bütövlükdə istehsal prosesinin enerji sərfini artırır. Ona görə də dispersləmə əməliyyatının elə optimal variantı tapılmalıdır ki, dispersləmə və həllolma əməliyyatlarına sərf olunan enerji bütövlükdə minimum olsun.

Layihənin həyata keçirilməsindən əvvəl ilkin məlumatlar texniki – iqtisadi hesablamalar aparılmaqla layihə təşkilatı tərəfindən yoxlanılır, hesablamalar dəqiqləşdirilir, lazım gəldikdə isə layihənin ilkin məlumatında müəyyən dəyişikliklər edilir.

Verilmiş tapşırığa uyğun olaraq layihələşdirmə iki mərhələdə həyata keçirilir.

Birinci mərhələ layihə tapşırığı adlanır. Bu mərhələyə istehsalın tikilmə yeri, onun əsaslandırılması, istehsal metodları, enerji və xammal mənbələri, prinsiplial texnoloji sxemi, əsas proses və aparatların hesabatları, istehsal ştatlarının sayı, istehsalın həcmi və məhsulun maya dəyəri, daxil olur. Layihə tapşırığının əsasını texnoloji hesablamalar təşkil edir.

Ümumiyyətlə yeni texnoloji sistemlər təşkil etmək üçün əvvəlcə müxtəlif növ hesablamalar aparılır. Bu hesablamaların ən mühümləri aşağıdakılardır:

1) Texnoloji hesablamalar – mühəndis – texnoloqlar tərəfindən aparılır və təşkil olunacaq istehsal prosesinin əsas parametrləri bu hesablamalarda öz əksini tapır.

2) Konstruksiya hesablamaları – mühəndis konstruktorlar tərəfindən aparılır.

3) Texniki – iqtisadi hesablamaları mühəndis iqtisadçı-
lar yerinə yetirir.

Prosesin, yaxud bütöv istehsalın optimal göstəricilə-
rini müəyyən etmək üçün müxtəlif istehsal metodlarının
texniki –iqtisadi göstəricilərini müxtəlif xammala və enerjiyə
görə müqayisə etməyə imkan verir. Bu qayda ilə texnoloq
istehsalın bir neçə variantının hesabətını aparır. Nəticədə ən
yaxşı proses və aparat müəyyən edilmiş olur.

Göstərilən hesablamalar bir – biri ilə çox əlaqəli şəkil-
də aparılmalı və bir – birini tamamlamalıdır.

Bundan başqa yeni istehsal prosesini (sistemini) layi-
hələşdirmək üçün digər ixtisasçılar kimyaçılar (prosesin
mahiyətini, kinetikasını, termodinamikasını, və s. bilənlər),
elektriklər (mühəndis–energetiklər) iştirak edirlər. Digər tə-
rəfdən kimyəvi texnoloji sistemi yerləşdirmək üçün binalar
və avadanlıq lazımdır, bu mənada inşaatçılarsız da keçinmək
mümkün deyildir.

Beləliklə, göstərilən müxtəlif növ hesablamalar,
çertyojlar, sxemlər və bütöv maketlər toplusu birlikdə yeni
istehsal prosesinin layihəsi adlanır. Layihənin birinci mərhə-
ləsinin əsasını texnoloji sxemlər təşkil edir.

Texnoloji sxemlərdə proses və ya aparatın, həmçinin
kimyəvi – texnoloji prosesin mahiyyəti tam və dəqiq öz ək-
sini tapır. Burada eyni zamanda ayrı – ayrı aparatların for-
ması, həcmi və s. də göstərilir.

Bütöv istehsal prosesinin tutacağı həcm, ərazi, aparat-
ların daxili quruluşu, ona daxil olan və ondan ayrılan boru
birləşmələri, başqa aparatlarla əlaqələndirilməsi, qaz və
maye kallektorları, nəzarət ölçü cihazları (HÖC) texnoloji
sxemlərin tərkib hissəsini təşkil edir. Sxemin yerinə yetiril-
məsi zamanı müəyyən olunmuş müvafiq miqyaslardan isti-
fadə olunur. Bir qayda olaraq miqyas 1:100 nisbətində
götürülür.

Sxemədə əsas texnoloji axınlar qalın xətlərlə, qaz kollektorları sxemin yuxarı hissəsində, maye kollektorları isə aşağı hissəsində göstərilir.

İstehal prosesinin əsas aparatları haqqında olan məlumatlar aparatın bütün təfsilatını əks etdirmir. Lakin onun ölçüsü, kütləsi, hazırlandığı materialın növü və s. öz əksini tapır.

Birinci mərhələ, yəni layihə tapşırığı, *ikinci mərhələnin* əsasını təşkil edir. Birinci mərhələ hazır olmasa layihənin ikinci mərhələsi hazır olmur. Layihənin ikinci mərhələsini işçi çertyojlar təşkil edir. Bu mərhələ layihənin həlledici mərhələsidir. Bəzi hallarda layihə üç mərhələdə həyata keçirilir. Bu halda texniki layihə ikinci mərhələni təşkil edir ki, bu da birinci mərhələdən (layihə tapşırığından) daha əhatəli olur. Lakin bu mərhələ texniki – iqtisadi cəhətdən birinci mərhələyə daxil olmayan variantları əhatə etmir. Layihənin ikinci mərhələsini təşkil edən çertyojlar işçi çertyojlar adlanır və layihənin bütün bölmələri üzrə çox dəqiqliklə hazırlanır. Çertyojlar, sxemlər və digər layihə sənədləri hazır olduqdan sonra inşaatçılara verilir. Onlar da həmin sənədlər əsasında yerdə tiktinti işini yerinə yetirir, texnoloji aparatları yerləşdirir, aparatları bir – biri ilə əlaqələndirirlər və s. Beləliklə layihə həyata keçirilir. Texnoloji hesablamalar bir qayda oldaraq ilkin məlumatlarda göstərilmiş istehsal üsullarını dəqiqləşdirməkdən başlanılır. İstehsal üsulunu seçmək üçün mövcud olan və təklif olunan istehsal metodları aşağıdakı cəhətlərə görə müqayisə edilir: məhsulun keyfiyyəti, xammal və enerji sərfi, prosesin mexanikləşdirilməsi və avtomatlaşdırılması, əmək şəraitinin sanitariya – texniki vəziyyəti, tullantıları və əlavə məhsulları, çirkab suların və tullantı qazların təmizləmə metodları və s. Bu yolla iqtisadi cəhətdən sərfəli olan istehsal üsulu qəbul edilir. Göstərilən müqayisə üsulu ilə istehsal üsulunu seçən texnoloq texnoloji rejimin əsas parametrlərini, aparatların növünü və texnoloji sxemini müəyyən edir. Texnoloji sxemin əsas aparatları on-

lar arasındakı kommunikasiyanı, xammalın aparatlara, hazır məhsulun aparatlardan nəql olunmasını özündə birləşdirir. Nəzarət ölçü cihazları və avtomatlaşdırma qurğuları əsas sxemdən əlavə quraşdırılır.

Yeni istehsalda intensiv proseslər tətbiq edilmiş, yüksək çıxımlı, etibarlı, sadə yolla xidmət göstərilən, ucuz konstruksiya materiallarından hazırlanan aparatlardan istifadə olunmalıdır.

Aparat və prosesləri seçən zaman bir neçə variantdan istifadə edilir. Məsələn, kükürd kolçedanını yandırmaq üçün dünya miqyasında 5 növ sobadan istifadə olunur ki, bunlar bir –birindən qaz – bərk fazanı qarışdırma üsuluna görə fərqlənir və hər biri müvafiq şəraitdə müəyyən üstünlüyə malikdir. Yaxud müxtəlif qaz qarışığından hidrogen – sulfid qazını ayırmaq üçün 10 – dan çox üsul məlumdur ki, bunların da hər biri müəyyən üstün cəhətlərə görə digərindən səmərəli hesab edilir.

Texnoloji sxem tərtib olunandan və xammalın, yarımməhsun və hazır məhsulun axın istiqaməti müəyyən olunduq-dan sonra istehsalın material və istilik balansı hesablanır. Sonra əsas reaksiya aparatlarının hesabı aparılır, onların məhsuldarlığı, həcmi və reagentlərin hər bir aparatda qalma müddəti müəyyən edilir. Bu zaman proses və aparatların modelləşdirmə metodlarından istifadə olunur. Hesablama zamanı texnoloji rejimin əvvəlcədən məlum olan optimal parametrləri dəqiqləşdirilir. Mühitin aqressivliyindən, temperaturdan və təzyiqdən asılı olaraq, aparatı hazırlamaq üçün konstruksiya materialı seçilir. Layihələşdirilmiş aparatların məhsuldarlığını və həcmi bilərək eyni zamanda paralel işləyən eyni tipli aparatların sayı müəyyən olunur. Aparatların və ayrı – ayrı hissələrin konstruksiya üzrə sonrakı hesabı konstruktorlar aparır, lakin aparatın tipini və reaksiya həcmi ölçüsünü texnoloqlar müəyyən edir. Layihələşdirmənin ayrı – ayrı mərhələlərinin ardıcılığı və onların həcmi qarşıya qoyulan məqsəddən asılı olaraq

dəyişdirilə bilər. Əgər maşınqayırma kimya sənayesi hər hansı proses üçün məsuldarlığı və konstruksiyası bəlli olan standart aparatlar istehsal edirsə, aydındır ki, yenidən konstruktör hesabı aparmağa ehtiyac olmur.

Layihəçi – mexaniklərin məqsədi quraşdırılan aparatlar üzrə hesabat və çertyojları yerinə yetirməkdən və həmin aparatların kommunikasiyasını yaratmaqdan ibarətdir.

Texnoloji hesablarda hidrodinamik, istilik, kütlə ötürmə və kimyəvi kinetika məsələləri kompleks şəkildə həll edilir. Bu hesablarda material axınlarının hesabı qarşılıqlı uzlaşmalıdır.

Kimyəvi texnoloji proseslərin və reaktorların modelləşdirilməsi

Riyazi modelləşdirmə

Hər hansı fiziki hadisənin, eləcə də kimyəvi texnoloji proseslərin *modelləşdirilməsi* dedikdə, prototipə, yəni mövcud olan hadisələrə oxşar proseslərin həyata keçirilməsi və optimallaşması başa düşülür. Oxşar proseslər elə proseslərdir ki, onları xarakterizə edən oxşar parametrlərin nisbəti sabit olur. M. Q. Slinko modelləşdirməni daha ümumi halda ifadə edir: Modelləşdirmə – konstruksiyası müxtəlif ölçülü aparatlarda baş verən proseslərin nəticələrini əvvəlcədən bilmək üçün həmin proseslərin modellər üzərində öyrənilməsindən ibarətdir.

Modelləşdirmə – layihələşdirmə mərhələsində mövcud olan aparat və qurğuların optimallaşması üçün aparılan tədqiqat işidir. Yeni istehsalın təşkilində modelləşdirmə vasitəsilə tədqiqat işi layihə işi ilə əlaqələndirilir. Bu iş prosesin laboratoriyadakı tədqiqat işindən istehsalata keçməsinə imkan verir. Modelləşdirmə əvvəlcə modellərin qurulmasını və onlar əsasında istehsal proseslərinin və reaktorların yara-

dılmasını özündə birləşdirir. Modellərin xassələri tətbiq olunmaqla reaktorların xassələri öyrənilir.

Kimyəvi texnoloji prosesləri və reaktorları riyazi modelləşdirmək üçün əvvəlcə həmin proseslərin sürətini xarakterizə edən parametrlər (amillər) öyrənilir. Bu amillər aşağıdakılardır: İlkin maddələrin və reaksiya həcmində qarşılıqlı təsirdə olan reaksiya məhsullarının qatılıqları – C_1, C_2, C_3 ; sistem komponentlərinin effektiv diffuziya əmsalları D_1, D_2, D_3 ; temperatur – t ; təzyiq – P ; qarşılıqlı təsirdə olan fazaların qarışdırılma dərəcəsi – $\omega_q, \omega_m, \omega_b$ (bu amil hərəkət edən fazaların nisbi xətti sürətləri ilə təyin olunur); tətbiq olunan katalizatorun aktivliyi – A_k ; sistemin komponentlərinin sıxlığı – ρ_q, ρ_m, ρ_i ; özlülük əmsalları – dinamik əmsal – μ və ya kinematik əmsal – ν ; faza sərhədində səthi gərilmə və ya adgeziya qüvvələri – σ ; qarşılıqlı təsirdə olan sistemin həndəsi xarakteristikası; reaksiya həcmının hündürlüyü – H ; aparatın en kəsiyinin əsas ölçüsü, məsələn, diametri – D_a və ya çarpazaxınlı proseslərdə mayenin, yaxud qazın hərəkət yolunun uzunluğu – L və s.

Beləliklə, modelləşdirmənin birinci məqsədi prosesin sürətinin, yaxud sürət sabitinin – k , yaxud da məhsul çıxımının – x yuxarıda sadalanan əsas parametrlərlə funksional əlaqəsini riyazi yolla həll etməkdir. Məsələn, reaksiya sürəti (U) üçün bu əlaqəni belə yazmaq olar:

$$U = f(c_1, c_2, c_3, \dots, D_1, D_2, D_3, \dots, t, P, \omega_q, \omega_m, \omega_b, A_k, \rho_q, \rho_m, \rho_b, \mu, \delta, H, D_a) \quad (44)$$

Kimyəvi texnoloji sistemləri və aparatları (reaktorları) üç əsas metodla modelləşdirmək olar

1) riyazi modelləşdirmə; 2) fiziki modelləşdirmə; 3) miq-yas keçidi metodu ilə modelləşdirmə.

Riyazi modelləşdirmə iki mərhələdə həyata keçirilir.

Birinci mərhələdə prosesə təsir edən əsas parametrlərin əlaqələndirilməsi riyazi tənliklər vasitəsilə verilir, sonra parametrlər arasındakı əlaqəni əks etdirən yekun tənlikləri almaq üçün lazım olan alqoritm, yəni həmin tənliklərin həll proqramı tərtib olunur.

İkinci mərhələnin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, alqoritmın köməyi ilə müxtəlif parametrlər lazım olan istiqamətdə dəyişdirilə bilər, optimal şərait seçilir, modelin öyrənilən nümunəyə (prototipə) adyektivatlığı (uyğunluğu) müəyyən olunur. Riyazi modelləşmə hesablama maşınlarında aparılır. Elə buna görə də deyirlər ki, maşın riyazi modelləşdirmə vasitəsidir. Modelləşdirmə oxşar prinsiplərə əsaslanaraq analogi maşınlarda yerinə yetirilir. Bu zaman istilik və kütləötrümə prosesləri reaksiyanın sürətini ifadə edən differensial tənliklərin əsasını təşkil edir. Bəzən hər hansı parametrin istilikötürmə və kütləötürmə proseslərinə təsirə həmin parametrin absorbsiya, yaxud desorbsiyanın model prosesinə təsiri ilə müəyyən olunur. Qaz-maye sistemində bu daha asan olur. Məsələn, $HCl - H_2O$ məhlulu sistemində hər iki proses üçün istilik və kütləötürmə oxşar kriteriyalarla xarakterizə olunur və qrafiki olaraq eyni tipli funksional asılıqla ifadə edilir.

Kimyəvi texnoloji proseslərin tam riyazi modelləşdirilməsi çox mürəkkəb bir problemdir. EhM tətbiq etdikdə belə riyazi modelləşdirmə asanlıqla həll edilmir. Tam riyazi model qurmaq problemi hələlik bütün dünyada bir neçə dəqiq öyrənilmiş proses üçün mümkün olmuşdur. Məsələn, Kanada və Yaponiyada sulfat turşusunun kükürddən alınması prosesini tam modelləşdirmək təşəbbüsü göstərilmişdir. Belə bir riyazi model yaratmaq üçün 500 tənlik sistemi həll edilməlidir ki, onlara da 1000-ə yaxın dəyişən və 200-dən çox parametr daxil olur. Belə nəhəng sistemlərin həlli hətta ən müasir EhM-da yerinə yetirildikdə belə böyük xərc tələb edir və bəzən də özünü doğrultmur. Buna görə də, məsələnin həllini asanlaşdırmaq üçün əvəlcədən hər bir para-

metrin prosesin effektivliyinə təsir dərəcəsi müəyyən edilir. Effektivliyə az təsir edən parametrlər tənlikdən çıxarılır. Ancaq onu da nəzərə almaq lazımdır ki, hər cür sadələşdirmə alınan qiymətlərin dəqiqliyini azaldır.

Kimyəvi-texnoloji proseslərin böyük əksəriyyətinin tam riyazi modelləşdirilməsi riyazi və fiziki modelləşmə metodlarının birgə səyi nəticəsində mümkündür.

Kimyəvi-texnoloji prosesləri və reaktorları riyazi modelləşdirmə zamanı elə hesablama maşınları tətbiq edilir ki, maşının blok-sxemində (maşındakı) elektron prosesləri və modelləşən obyektin kimyəvi prosesləri oxşar tənliklərlə ifadə olunur. Beləliklə, differensial tənliklər sistemi kimyəvi-texnoloji prosesləri tamamilə ifadə etmiş olur. həmin tənliklər elektron hesablama maşınları ilə birlikdə prosesin riyazi modelini təşkil edir. Belə riyazi model laboratoriya təcrübələri əsasında istehsal prosesinin optimal parametrlərini tapmağa imkan verir. Modelləşməni oxşar elektron maşınlarının köməyi ilə aparmaq daha əlverişlidir. Bu yolla prosesə təsir göstərən parametrləri daha tez müəyyən etmək olur. Bu məqsədlə müxtəlif növ hadisələrə aid olan müxtəlif, lakin oxşar differensial tənliklər oxşar maşınlarda modelləşdirilir. Oxşarlıq prinsipi çox qədimdən, hələ hesablama maşınları olmadan tətbiq edilirdi. İrədi də bəzi çətinliklər üzündən aqressiv komponentlərin absorbsiya prosesinin tədqiqi zamanı qazdan mayeyə istilik və kütləötürmə proseslərinin öyrənilməsi əsasında belə modelləşmə aparılır. Bu zaman proseslərin sürətlərini ifadə edən differensial tənliklərin (45) oxşarlığından istifadə edilir. $Q - M$ sisteminə qazdan mayeyə:

$$\text{İstilikötürmə:} \quad \frac{dQ}{dt} = K_i \cdot F \cdot \Delta t \quad (45)$$

$$\text{Kütləötürmə:} \quad \frac{dG}{d\tau} = K \cdot F \cdot \Delta t$$

tənlikləri ilə müəyyən olunur. Burada K – kütləötürmə əmsali, K_1 – istilikötürmə əmsali, Δt və Δc temperatur və qatılıq fərqiə görə müəyyən edilən, prosesin hərəkətverici qüvvəsi, F – qaz və maye fazaların toxunma səthidir.

Kimyəvi-texnoloji proseslərin modelləşdirilmə və optimallaşmasını EhM-da hesablamaq üçün kinetik tənliklərdən istifadə olunur. Bu tənliklər texnoloji rejimin bir çox parametrlərinin dəyişməsinə nəzərdə tutur. Məsələn, $Q - B$ sistemi üçün bir neçə tənliyin ümumiləşmiş forması olan (46) tənliyindən istifadə edilir:

$$U = K_0 \cdot e^{\frac{E}{RT}} \cdot S_{x_{\text{min}}} \cdot v \cdot \Delta c \cdot P \cdot \beta \quad (46)$$

Burada: U – reaksiyanın sürəti, K_0 – sürət sabiti, T – temperatur, E – aktivləşmə enerjisi, S – məsaməli bərk reagentin səthi, v – reaktorun həcmi, Δc – reagentlərin qatılığı, P – təzyiqdır. Göstərilən parametrlərdən hər birinin dəyişməsi reaksiyanın sürətinə təsir göstərir ki, tənlik (46) da bu təsiri ifadə edir.

Modelləşdirmə təxminən aşağıdakı ardıcılıqla aparılır: kimyəvi-texnoloji proses tədqiq edilərək o riyazi cəhətdən ifadə olunur; funksional bloklar yığımını təyin edən sistemin blok – sxemi tərtib olunur, funksional blok bir neçə əməliyyatı (differensiallama, inteqrallama, vurma, toplama və s.) əhatə edir. Nəticədə texnoloji prosesi ifadə edən ilkin tənliklər sistemi cərəyanı ifadə edən tənliklər sisteminə çevrilir. Cərəyan gərginliyi reaksiya həcmində texnoloji rejimin parametrlərinin dəyişməsinə modelləşdirir. Beləliklə, yığılmış elektron sxemi prosesin (reaktorun) riyazi modeli hesab edilir. Prosesin (reaktorun) tam modelləşdirilməsi zamanı onu xarakterizə edən kəmiyyətlərin (i , k və ya x) hidrodinamik və kinetik parametrlərdən asılılığını müəyyən etmək lazımdır. Hidrodinamik parametrlər (ω , ρ , μ , δ , H , h , D_σ , d , P , t və başqaları) üç qrup tənliklə ifadə olunur.

I qrup tənliklər özlü mayenin x , y və ya z oxları boyunca hərəkət tənlikləridir. Məsələn, x – oxu üçün bu tənlik aşağıdakı kimi yazılır:

$$\begin{aligned} & \rho \left(\frac{d\omega_x}{d\tau} + \frac{d\omega_x}{dx} \omega_x + \frac{d\omega_x}{dy} \omega_y + \frac{d\omega_x}{dz} \omega_z \right) = \\ & = -\frac{dP}{dx} + \mu \left[\omega_x \left(\frac{d^2 \omega_x}{dx^2} + \frac{d^2 \omega_x}{dy^2} + \frac{d^2 \omega_x}{dz^2} \right) + \frac{1}{3} \cdot \frac{d\theta}{dx} \right] \end{aligned} \quad (47)$$

Burada: $d\omega_x/dx$, $d\omega_y/dy$, $d\omega_z/dz$ - reaktorda müvafiq koordinat oxu istiqamətində axının orta sürətinin dəyişməsi; $d\theta/dx$ x – oxu boyunca hərəkət sürətinin dəyişməsidir; θ - özlü mayenin x – oxu boyunca axınını xarakterizə edən mürəkkəb parametrdir. Bu dəyişmə mayədə baş verən sıxılma və genişlənmə prosesləri ilə əlaqədardır.

II qrup tənliklər axının kəsilməzlik tənlikləridir.

$$\frac{d(\rho\omega_x)}{dx} + \frac{d(\rho\omega_y)}{dy} + \frac{d(\rho\omega_z)}{dz} = 0 \quad (48)$$

III qrup tənliklər kənar şərtlərin təsirini ifadə edən tənliklərdir. Bu tənliklər reaktora girişdə ($H=0$), çıxışda, aparatın divarlarında, fazalar sərhəddində (h , d , δ -nın təsirini təyin edən tənliklər) gedən proseslərin təsirini ifadə edir. Bu tənliklərin dəqiq ifadəsini vermək çətindir. Məsələn, belə tənliklərdən biri əsas məhsulun ilkin qatılığını və ya çevrilmə dərəcəsini bu cür ifadə edir:

$$H = 0; \quad x_{ilk} = 0 \quad (49)$$

Sirkulyasiya proseslərində bu tənliklər daha mürəkkəb olur. Məsələn, ammonyak istehsalında onun ilkin çıxımı belə tapılır:

$$x_{ilk} = f(t_k \cdot P_k, v_j / \tau_c) \quad (50)$$

Burada: t_k və P_k – kondensatordakı temperatur p və təzyiq; v_j , v_c - yeni daxil olan qaz qarışığının həcmninin sirkulyasiya olunan qarışığını həcminə nisbətidir.

Kinetik parametrlərin (c, A_k, t, P, ω) təsiri isə çoxlu sayda tənliklərdən ibarətdir və yeri gəldikcə həmin tənliklərin bəzilərindən istifadə edilmişdir.

Fiziki modelləşdirmə

Fiziki modelləşdirmə kriterial tənliklərin tərtib olunması ilə həyata keçirilir. Bu modelləşdirmə prosesin tam və ya qismən riyazi modelləşməsindən asılıdır. Kriterial tənlikləri ona daxil olan parametrlərin funksional əlaqəsi kimi müəyyən etmək lazımdır. Bu əlaqə tənlik (44)-də öz əksini tapır.

Kimyəvi-texnoloji əməliyyatların və reaktorların xarakteristikasını vermək üçün aşağıdakı kriteriyalar tətbiq olunur:

1. Kinetik kriteriya;
2. Diffuziya kriteriyası;
3. Həndəsi kriteriya;
4. Hidrodinamik kriteriya.

Göstərilən kriteriyalar özünə müxtəlif parametrlər daxil edən və fiziki modelləşməni müxtəlif aspektlərdə müəyyən edən çoxlu sayda kriterial tənliklər ilə ifadə olunur. Onlardan bəzilərini ümumi halda nəzərdən keçirək.

Kinetik kriteriya kimyəvi-texnoloji prosesin aparılma şəraitindən asılı olaraq müxtəlif ola bilər.

Bu kriteriyayı təyin etmək üçün prosesin sürətini xarakterizə edən əsas parametrlər kompleks formada tətbiq olunur. Kinetik kriteriya üçün Damkeler tənliyi daha çox rol oynayır.

Damkeler tənliyi:

$$Da = \frac{u\tau}{C} \quad (51)$$

Bu tənlik: homogen sistemlər üçün:

$$Da' = \frac{uH}{\omega C} \quad (52)$$

Heterogen sistemlər üçün:

$$La'' = \frac{u}{VC} \quad (53)$$

Burada: H - reaksiya fazasının uzunluğu və ya hündürlüyü; V - həcmi sürət (1m^3 reaksiya qarışığının 1 saatda 1m^3 reaksiya həcminə nisbəti ilə ölçülür).

Kinetik kriteriyanı başqa tənliklərlə də ifadə etmək olar. Bunlar aşağıdakılardır:

Marqulis tənliyi:

$$Ma' = \frac{k}{\omega} \quad (54)$$

Burada: k - reaksiyanın sürət sabitidir, $\text{kq/m}^2 \cdot \text{s}$. $\text{kq m}^3\text{-m/c}$ Dyakonov tənliyi:

$$Pa' = \frac{K}{C_A^m \cdot C_B^n / C_D^p} \quad (55)$$

Bu tənlik $mA + nB \leftrightarrow pD$ ümumi reaksiya tənliyi üçün nəzərdə tutulur və tarazlıq kriteriyası da adlanır.

Burada: K - tarazlıq sabiti, $C_{A,B,D}$ - maddələrin $mA + nB \leftrightarrow pD$ tənliyindəki uyğun qatılıqlardır.

Kütləötürmə üçün bu kriteriyanı aşağıdakı kimi də yazmaq olar:

$$Pa'' = \frac{1}{1-x} \quad (56)$$

Burada: x -vahid hissədə faza keçid dərəcəsidir.

Diffuziya kriteriyası reaktorları xarakterizə etmək üçün daha çox işlədilən kriteriyadır və aşağıdakı tənliklərlə təyin olunur;

Nusselt tənliyi ətraf mühitdə istiliyin yayılmasını xarakterizə edir:

$$Nu = \frac{kl}{D} \quad (57)$$

mühitin fiziki xassələrini xarakterizə edən Prandl tənliyi:

$$Pr = \frac{Pe}{Re} = \frac{\omega l / D}{\omega l / \nu} = \frac{D}{\nu} \quad (58)$$

Deməli, Pekle kriteriyasını Reynolds kriteriyasına böldükdə Prandl kriteriyası alınır.

Pekle tənliyi konvektiv istilik mübadilə konveksiyası ilə istilik ötürmə nisbətini xarakterizə edir:

$$Pe = \frac{\omega t / l}{Dt / l^2} = \frac{\omega l}{D} \quad (59)$$

Nusselt kriteriyası müəyyənədiçi kriteriyadır. Ümumi sürəti daxil edən digər kriteriyalar da təklif edilmişdir. Məsələn, diffuziya zonasında tətbiq olunan tənlik:

$$K_D = \frac{ut^2}{DC} \quad (60)$$

Burada: C -məhsulun, yaxud ilkin maddələrin qatılığıdır, kq/m^3 və ya $q\text{-mol}/m^3$, u - prosesin sürəti olub, $kq/m^2\text{-saat}$ və ya $q\text{-mol}/m^3\text{-saat}$ kimi ölçülür.

Homogen sistemlər üçün həmin kriteriya:

$$K'_D = \frac{uD^2a}{DC} \quad (61)$$

Heterogen sistemlər üçün isə

$$K''_D = \frac{ud^2}{DC} \quad (62)$$

kimi ifadə olunur.

Burada: d - bərk reagent parçasının, katalizator dənəsinin, damcının, qaz qabarcığının və s. diametridir.

Həndəsi kriteriya ilə simplekslər ilə ifadə olunur ki, məsələn, onlar torlu nimçələrdəki dəşiklərin diametrini, qaynar layda katalizator dənəciyinin ölçüsünü, bərk maddə parçasının böyüklüyünü, maye damcısının, yaxud qaz qabarcıqlarının diametrini və s. ifadə edir. Həndəsi kriteriyanın əsas simpleksləri aşağıdakılardır:

$$\frac{Da}{H} \text{ və ya } \frac{L}{H}; \frac{d}{Da}; \frac{h}{Da}; \frac{h}{d}; \frac{\Sigma d^2}{D^2 a} \quad (63)$$

Burada, d və h – yuxarıda göstərilən parametrləri ifadə edir. Onlar (d və h) müxtəlif qiymətlər ala bilər. Elementar aktlarda reaksiyanın sürəti aparatın, d və h -in qiymət və ölçülərindən asılı olmur və sabit texnoloji parametrlərdə reaktorun istənilən elementar həcmində eyni olur.

Qarışdırmanın güclənməsi prosesin hərəkətverici qüvvəsini aşağı salır. Ona görə də ümumi sürət də azala bilər. Verilmiş şəraitdə proses yalnız kinetik sahədə getdikdə onun ümumi sürəti azalır.

Reaksiya həcmində temperaturun bərabərləşmə dərəcəsi də reaksiya kütləsinin qarışdırılma dərəcəsinin funksiyası kimi müəyyən olunur. Belə olan halda aparatın həcmi tam qarışdırma müddətində onun işinin intensivliyinə təsir etmir.

Hidrodinamik kriteriya aşağıdakı tənliklərlə ifadə olunur:

Reynolds tənliyi:

$$Re = \frac{\omega}{\nu} \quad (64)$$

Bu kriteriya maye axınının hidrodinamik rejimini xarakterizə edir

Frud tənliyi:

$$Fr = \frac{\omega^2}{gl} \quad (65)$$

Ətalət və ağırlıq qüvvələrinin nisbətindən ibarət olan bu tənlik daha çox tətbiq olunur.

Arximed tənliyi:

$$Ar = \frac{gl^3}{v^2} \cdot \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_2} \quad (66)$$

Arximed tənliyi qaldırıcı qüvvənin ətalət qüvvəsinə nisbətini xarakterizə edir.

Eyler tənliyi:

$$Eu = \frac{\Delta P}{\rho \omega^2} \quad (67)$$

Maddələr axınının kanalda hərəkəti zamanı sürtünmə nəticəsində müəyyən itgi baş verir. Həmin sürtünmə itgisi Eyler tənliyi ilə hesablanır.

Burada: g - ağırlıq qüvvəsi təcili (sabit kəmiyyətdir), ρ_1 - ağır fazanın (B, M) sıxlığı, ρ_2 - yüngül fazanın (M, Q) sıxlığı, ΔP - reaktorun istənilən hissəsində təzyiqin aşağı düşməsidir.

Reaktorların hidrodinamik modelləşdirilməsi kinetik modelləşdirmədən ayrıca da həyata keçirilə bilər. Onda Eyler və Reynolds kriteriyaları həlledici hesab edilir. Eyler kriteriyası axına göstərilən müqaviməti xarakterizə etdiyindən sadə halda aşağıdakı kimi yazılır:

$$Eu = cRe^m Q^n \quad (68)$$

Burada Q – tənlik (63)-dəki simplekslərdən biridir.

Reynolds kriteriyası reaksiya kütləsinin qarışdırılma dərəcəsini xarakterizə edir və aşağıdakı çox da mürəkkəb olmayan tənliklə müəyyən olunur:

$$Re = cAr^m Fr^n Q^p \quad (69)$$

Burada: m, n, p və s . bərabər qiymətli qüvvət göstəriciləri, s - əmsaldır.

Fiziki metodlarla yeni prosesi modelləşdirmək üçün əvvəlcə müvafiq differensial tənliklərin çevrilməsi ilə (70) tipli ümumi kriteriya tənliyi alınır:

$$Ma = cRe^l Pr^m Arn^n S^p Q^q \quad (70)$$

Burada: Re - prosesin hidrodinamikasına və kinetikasına, həmçinin qarışdırmaya təsiri xarakterizə edir; Pr^m - diffuziya kriteriyası, Arn və S kinetik kriteriyalar, Q -həndəsi ölçülərin simpleksidir.

Tənliyə daxil olan Arn və S kinetik kriteriyaları aşağıdakı kimi tərtiq olunur. Arn – Arrenius kriteriyası olub, aktivləşmə enerjisinin və temperaturun bir-birinə nisbətini xarakterizə edir:

$$Arn = \frac{E}{RT} \quad (71)$$

Prosesdə katalizator iştirak etdikdə onun aktivliyi A_k həmin prosesin sürət sabitinin K_k , katalizatorsuz prosesin sürət sabitinə K nisbəti kimi tapılır:

$$A_k = \frac{K_k}{K} \quad (72)$$

Qaz faza iştirak edən sistemlər üçün absorbsiya, adsorbsiya və desorbsiya prosesləri xüsusi rol oynayaraq reaksiyanın sürətinə böyük təsir göstərir. Bu təsir S -simpleksləri ilə ifadə olunur:

$$S_1 = \frac{p}{P}, S_2 = \frac{\Delta p}{P} = \frac{P - p}{P}, S_3 = \frac{P_a}{P_m}; S_4 = \frac{P_c}{P_m} \quad (73)$$

Burada: P - bir fazadan başqa fazaya keçən reagentin parsial təzyiqi yaxud qatılığı, p - reagent və ya komponentin prosesin əvvəlindəki parsial təzyiqi, P_c - prosesin sonundakı parsial təzyiqi, P_m - tarazlıq halındakı parsial təzyiqidir.

Qaz qarışığında tətbiq olunan komponentin qatılığı sıfırdan 100%-ə qədər dəyişdikdə S_1 xətti olaraq sıfırdan 1-ə qədər, S_2 1-dən sıfıra qədər, S_3 və S_4 sıfırdan sonsuzluga qə-

dər dəyişə bilər. Bu simpleksləri mayələr üçün tətbiq etmək olar:

$$S_5 = \frac{C_a}{C_i}; S_6 = \frac{C_i - C_a}{C_i}; S_7 = \frac{100 - C_a}{100} \quad (74)$$

Burada: C_a – aktiv komponentin qatılığı, C_i – inert qazların, yaxud məhluldakı həlledicinin qatılığıdır. C_a sıfırdan 100%-ə qədər dəyişdikdə simplekslərin qiyməti: S_5 -sıfırdan sonsuzluga qədər; S_6 1-dən minus sonsuzluga ($-\infty$) qədər; S_7 1-dən sıfıra qədər (S_6 -ya oxşar olaraq) dəyişir.

Beləliklə, fiziki modelləşmə üçün ümumi tənliklər tapıldıqdan sonra təcrübə yolu ilə prosesin əmsal və tərtibi (qüvvət dərəcəsi) müəyyən olunur. Parametrlər böyüdülmüş qurgularda yoxlandıqdan sonra istehsal prosesinin modeləşdirilməsi həyata keçirilir.

Prosesin hidrodinamik və kinetik xarakteristikasını ayrılıqda yazdıqda çox sadə kinetik tənlik alınır. Məsələn, yaxşı həll olunan qazların (HCl , NH_3 , SO_2) və C_2H_5OH –in su ilə absorbsiyası 20⁰ C-də köpük təbəqəsində aşağıdakı tənliklə ifadə olunur:

$$Ma = 2,76^3 \sqrt{H_{xus} \cdot Pr \cdot Q} \quad (75)$$

H_{xus} – hidrodinamik kriteriya olub, köpük təbəqəsinin hündürlüyünün maye təbəqəsinin ilkin hündürlüyünə nisbəti kimi tapılır. H_{xus} mürəkkəb funksiyadır və verilmiş məsələ üçün aşağıdakı formula ifadə olunur:

$$H_{xus} = aR e_q^{0,5} R e_m^{0,25} We^{-1,3} Q_1^{3,9} Q_2^{0,5} \quad (76)$$

Burada We – Veber kriteriyasıdır mayenin verilmiş hündürlüyündə (h) və sıxlığında (ρ) səthi gerilmənin (σ) təsirini xarakterizə edir:

$$We = \sigma / \rho h^2 \quad (77)$$

Analiz nəticəsində məlum olur ki, modelləşdirmə üçün riyazi metodlar fiziki metodlardan daha dəqiqdir. Bunun da bir sıra səbəbləri vardır.

Fiziki modelləşdirmədə:

- 1) kriterial tənliklərdə axtarılan kriteriya bir həddə görə təyin olunur, halbuki prosesin və ya hadisənin kriteriyası çoxhədli differensial tənliklərlə ifadə olunur;
- 2) tənliyə təcrübə yolu ilə təyin olunan qeyri – dəqiq göstəricilər daxil edilir;
- 3) kriterial tənliklər parametrlərin dəyişməsinə model qurğuları miqyasında nəzərə alınır.

Əgər prosesin nə riyazi, nə də fiziki modeli yoxdursa, modelləşdirmə miqyas keçidi metodu ilə həyata keçirilir. Bu zaman eyni, yaxud oxşar proseslərin qrafiki və cədvəl məlumatları müqayisə edilir və onların ayrı-ayrı parametrlərinin bir-birinə nisbəti müəyyən olunur. Məsələn, modelin reaksiya kütləsinin sürətinin nümunənin reaksiya kütləsinin sürətinə nisbəti V_m/V_0 tapılır, yaxud aparata daxil olan material axınlarının – qazların G və mayələrin L bir-birinə nisbəti G/L və s. hesablanır. Bu metod daha baha başa gəlir. Layihəçinin təcrübəsi az olarsa, reaksiya həcmində ehtiyat əmsallarını 2 dəfə artırıq götürmək lazım gəlir. Bu da məhsulun maya dəyərini artırır.

Beləliklə, prosesin və reaktorların riyazi və fiziki modelləşməsi xalq təsərrüfatı problemi kimi qarşıya qoyulur və bu problemin həlli yeni istehsal tikintisinə lazım olan xərci və məhsulun maya dəyərini azaldır.

V FƏSİL. KİMYA SƏNAYESİNİN XAMMALI

Kimya məhsulları istehsal etmək üçün ilkin materiallardan – *xammaldan*, yarım məhsuldan (yarım fabrikatlar) və istehsalat tullantılarından istifadə edilir.

Xammal sənayedə və məişətdə istifadə olunan mineralar, külçələr və dağ süxurlarından, başqa sözlə təbii materialardan ibarətdir.

Müxtəlif tərkibli bu cür faydalı qazıntılar sənayenin əsasını təşkil etməklə, ölkənin iqtisadiyyatında böyük əhəmiyyətə malikdir.

Yarım məhsullar müxtəlif istehsal sahələrinin xammalı hesab edilir və istehsal emalına məruz qalır.

Prosesdə xammalın işlənməsi nəticəsində qalıq alınır. Qalığın içərisində olan faydalı maddələrdən təkrar istifadə etmək üçün bəzən yenidən istehsalata, yaxud prosesə qaytarılır. Belə hallarda qalıq dövr edən məhsul adlanır. Əgər qalıqdan başqa bir məqsəd üçün istifadə edilərsə belə qalığa əlavə məhsul, tamamilə istifadə olunmazsa ona tullantı deyilir.

Tullantılar istehsalatda tətbiq və istifadə olunmayan lakin başqa müəssisələrdə xammal kimi istifadə olunan əlavə məhsullara deyilir.

Kimya sənayesində istifadə olunan xammal müxtəlif əlamətlərinə görə bir neçə qrupa bölünür:

1. *Mənşəyinə görə*: mineral xammal, bitki mənşəli xammal, heyvani xammal
2. *Aqreqat halına görə*: bərk, maye və qaz halında olan xammal.
3. *Tərkibinə görə*: qeyri-üzvi xammal, üzvi xammal.

Mineral xammal yerin dərin qatlarından çıxarılan faydalı qazıntılardır. Bunlar üç qrupa bölünür: a) *filizlər*, b) *qeyri-filizlər*, c) *yana bilən xammal*.

Filizlər dağ süxurlarıdır. Onlardan əksər hallarda metallar alınır. Bu məqsədlə dağ süxurlarından külçələr ayrılır. Bu külçələr qara metallar: dəmir və onun ərintiləri, əlvan metallar: *Cu, Ni, Pb, Zn, Al, Mg, Ca, Co*; nadir metallar: *Sn, V, W, Bi, As, Hg, Mo* və s.; qiymətli metallar: *Au, Ag, Pt, Jr, Os, Pd*; radioaktiv metallar: *U, Ra, Th* almaq üçün əsas xammal mənbəyini təşkil edir.

Bəzi filizlərin emalı zamanı metallarla yanaşı bir sıra kimyəvi məhsullar da alınır. Məsələn, *Cu, Zn* və *Ni* alınan zaman eyni vaxtda sulfat turşusu da istehsal olunur.

Qeyri-filiz xammal metal almaq üçün yaramır. Ona görə də belə filizlərdən kimyəvi, inşaat və başqa qeyri-metallik materiallar alınır. Belə filizlərə kükürd, fosfor (fosforitlər), apatitlər, təbii kalium duzları, xörək duzu, qum, gil ilə zəngin süxurlar aid edilir.

Bunlar təbiətdə külli miqdarda tapılan müxtəlif xammal olduqlarına görə sənaye və kənd təsərrüfatının müxtəlif sahələrində geniş istifadə edilir. *NaCl, FeS₂, BaSO₄* kalium duzları, talk, kaolin, təbaşir, qrafit, rəngli gillər, almaz, korund, kvars qumu və bunlara oxşar materiallar, asbest, slyuda, diatomit kimi təbii xammallar xalq təsərrüfatının müxtəlif sahələrində geniş tətbiq olunur.

Bunlardan başqa bu qrupa daxil olan xammallardan zərgərlik işlərində işlənən qiymətli və rəngli bəzək daşları, oda və turşuya davamlı maddələr və müxtəlif inşaat materialları istehsalında istifadə edilir. Belə xammallar həmçinin müxtəlif gübrələr, qələvilər, sement, şüşə və saxsı istehsalında da istifadə olunur.

Yana bilən mineral xammallara daş kömür, neft, torf, yanan şistlər, təbii qazlar və s. aid edilir. Göstərilən xammallar müxtəlif növ kimyəvi məhsulların alınması üçün ilkin mənbədir. Məsələn, daş kömürün emalı nəticəsində müxtəlif boyalar, dərman preparatları, kimyəvi liflər, plastik kütlələr, gübrələr, yarımkəçirici materiallar alınır. Daş

kömür Karaqandada, Donbasda, Kuzbasda, Moskva ətrafında, Şərqi Sibirdə və s. çıxarılır.

Yana bilən xammallardan biri də neftdir. Neftdən və onun emal məhsullarından müxtəlif yanacaq növləri, liflər, sintetik kauçuk, plastik kütlələr, yuyucu maddələr və s. alınır. Böyük neft yataqları Qafqazda, Başqırdıstanda, Tatarıstanda, Sibirdə daha çox yayılmışdır.

Ölkəmiz təbii qaz yataqları ilə də zəngindir. Qaz halında olan xammal təkcə yanacaq kimi sərf olunmur. Təbii və digər qazlardan gübrələr, plastik kütlələr, sintetik kauçuklar, kimyəvi liflər, laklar, əczaçılıq preparatları və s. alınır. Ən böyük təbii qaz yataqları Orta Volqada, Ukraynada, Buxarada, Şimali Qafqazda, Xəzərdə Şahdəniz yatağında və digər yerlərdə tapılmışdır.

Sovet alimləri V.İ. Vernadski, M.S. Kurnakov, A.Y. Fersman, İ.M. Qubkin və başqalarının elmi işləri sayəsində müxtəlif növ xammal yataqlarının axtarışı, çıxarılması və emalı metodları hazırlanmışdır. Kola yarımadasında apatitlərin, Uralda kalium duzlarının, Bakı, Qroznı və Başqırdıstan neftinin tapılması və emalı bu alimlərin Adı ilə bağlıdır. Hazırda bir çox xammalın, o cümlədən neftin, təbii qazların, kalium duzlarının, xörək duzunun daş kömürün ehtiyatlarına görə keçmiş SSRİ birinci yeri tuturdu.

Bitki və heyvan mənşəli xammal öz tətbiqinə görə qida xammallarına və texniki xammala bölünür.

Qida xammallarına kənd təsərrüfatı məhsulları, meşə və balıq təsərrüfatı məhsulları (kartof, şəkər çuğurduru, taxıl, piylər və s.) aid edilir. Texniki xammallar qida maddələri kimi yaramayan xammallardır. Bu növ xammallara misal olaraq pambığı, küləşi, dərinini, yunu, müxtəlif balıq piylərini, heyvan sümüklərini və s. göstərmək olar.

Sənaye əhəmiyyətli xammallardan biri də *hava və sudur*.

Hava azot və oksigen almaq üçün tükənməz xammaldır. Havadan alınan azot və oksigen müxtəlif maddələrin –

gübrələrin, plastik kütlələrin, liflərin, nitrat turşusu və onun duzlarının istehsalı üçün ilkin maddələr hesab edilir.

Su ən ucuz və tükənməz xammaldır. Sudan bilavasitə hidrogen və oksigen almaqdan başqa ondan bir sıra kimyəvi prosesdə istifadə edilir. Kimyəvi reaksiyalarda su əsas reagentlərdən biri hesab edilir. Sudan sulfat və nitrat turşularının, bir çox gübrələrin, qələvilərin və s. istehsalında istifadə olunur. Ümumiyyətlə elə bir kimya sənayesi tapılmaz ki, sudan istifadə olunmasın. Su bir sıra bərk, maye və qaz halda olan maddələrin həlledicisi hesab edilir. Böyük kimya müəssisələrində gün ərzində sərf olunan suyun həcmi milyon kub metrərlə ölçülür.

Xammaldan istifadə edərkən nəzərə almaq lazımdır ki, onun ehtiyatlarını tam qurtarmaq olmaz. Çalışmaq lazımdır ki, ucuz və keyfiyyətli məhsul almaq üçün xammal ehtiyatından səmərəli istifadə edilsin. Qiymətli xammal hesab edilən ayrı-ayrı elementlərin yer qabığında yayılması müxtəlifdir. Akademik A.N. Fersmanın tədqiqatına görə Yer qabığının (onun 16 km dərinliyi) orta kimyəvi tərkibi aşağıdakı cədvəldə (cədvəl 5) verilmişdir.

Yer qabığının orta kimyəvi tərkibi

Cədvəl 5.

Elementlər	Miqdarı (%)	elementlər	Miqdarı (%)	elementlər	Miqdarı (%)
Oksigen	49,13	Titan	0,61	Stronium	0,035
Silisium	26,00	Karbon	0,35	Xrom	0,03
Alüminium	7,45	Xlor	0,20	Sirkonium	0,025
Dəmir	7,25	Fosfor	0,12	Vanadium	0,02
Kalsium	2,40	Kükürd	0,12	Nikel	0,02
Natrium	2,35	Manqan	0,10	Sink	0,02
Maqnezium	2,35	Flüor	0,08	Mis	0,01
Kalium	4,20	Barium	0,05	Digər elementlər	0,06

Göründüyü kimi Yer qabığı kütləsinin 50%-ə qədərini oksigen, 26%-ni silisium təşkil edir. Üçüncü yeri aliminium (7,45%), dördüncü yeri dəmir (4,2%) tutur.

Doqquz element: oksigen, silisium, alüminium, dəmir, kalsium, natrium, manqnezium, kalium və hidrogen birlikdə yer qabığı kütləsinin 98%-ni, qalan elementlər isə yalnız 2%-ni təşkil edir. Həyat üçün çox lazımlı olan karbon elementi 0,35%, 76 element, o cümlədən geniş tətbiq olunan qurğuşun, civə, arsen və başqaları birlikdə 0,06% təşkil edir. Hazırda ölkəmizin kimya sənayesində 80-dən çox kimyəvi elementdən istifadə olunur.

Xammalın tərkibində olan elementlərin miqdarı az olduğundan xammaldan qənaətlə və səmərəli istifadə etmək lazım gəlir. Bu məqsədlə ucuz xammal axtarmaq, ondan səmərəli və kompleks şəkildə istifadə etmək, zənginləşmiş xammal əldə etmək və tərkibində qida maddələri olan xammalı qida maddələri olmayan xammalla əvəz etmək lazımdır.

Ucuz xammalın axtarılması və onun tətbiqi müxtəlif üsullarla həyata keçirilir. Hər şeydən əvvəl yerli xammaldan istifadə etmək daha əlverişlidir. Belə olduqda xammalı uzaq məsafələrə daşımaq lazım gəlmir və alınan məhsulun maya dəyəri aşağı olur. Bəzi hallarda ilkin xammal kimi istehsalat tullantularından istifadə edilir. İstehsalat üçün ucuz və asan əldə edilən xammal daha əlverişlidir. Uzun illər daş kömür bir yanacaq kimi, neft və qaz yanacaqlardan əlverişli hesab edilirdi. Sonralar məlum oldu ki, neft və qaz qalıqsız yanır, onları borular vasitəsilə bir yerdən başqa yerə daşımaq bir neçə dəfə asan və ucuz başa gəlir. Digər tərəfdən neftin istilikötərmə qabiliyyəti daş kömürünkündən 3,5 dəfə, təbii qazınkı isə təxminən 12 dəfə çoxdur. Daş kömürün bir yerdən başqa yerə daşınması çətindir və baha başa gəlir. Daş kömür yandıqda neft və təbii qazlardan fərqli olaraq külli miqdarda qalıq (şlak) qalır. Ona görə də indii ölkəmizin istilik balansının 51%-i neftlə qazın, 43%-i isə digər xammal-

ların payına düşür. Lakin buradan belə bir nəticəyə gəlmək yalnız olar ki, neft və qaz getdikcə daş kömürü bir yanacaq kimi sıxışdırıb çıxaracaq. Əlbəttə hər hansı yanacaqdan istifadə etmək onun hansı rayonda olmasından asılıdır. Neft və qazla zəngin olan rayonlarda əsas xammal kimi neft və qaz, ucuz daş kömürlə zəngin olan rayonlarda isə daş kömürdən istifadə etmək daha məqsədəuyğundur. Texnikanın inkişafı ilə əlaqədar olaraq indi istehsalat tullantıları və yarım məhsullarından daha geniş istifadə olunur. Bu, məhsulun maya dəyərini aşağı salır.

Xammaldan kompleks formada istifadə etmək ucuz məhsul əldə etməyə imkan verir. Xammaldan kompleks şəkildə istifadə etdikdə istehsalat tullantısı olmur, yəni xammalın tərkibində olan faydalı materialın hamısından istifadə edilir. Buna misal olaraq neftin, daş kömürün, təbii qazların, havanın, xörək duzunun, kükürdün, filizlərin, fosforit və apatitlərin emalını göstərmək olar. Kompleks istifadə zamanı xammal sərfi azalır. Məsələn, gübrə istehsalı üçün emal olunan təbii qazdan eyni zamanda kauçuk, sirkə turşusu, plastik kütlələr, kimyəvi liflər və başqa məhsullar alınır ki, bunların hər biri üçün əlavə xammal tələb olunardı. Xammalın kompleks emal olunması böyük xalq təsərrüfatı əhəmiyyətinə malik olduğundan indi çox geniş miqyasda tətbiq olunur.

Xammalın kompleks istifadə olunmasına baxmayaraq, yenə də müəyyən miqdar sənaye tullantıları alınır. Həmin tullantılar müəssisələrdən çıxarılaraq ətrafdakı su tutumlarını, havanı, ətraf mühiti və s. zəhərləyir. Hələ də soda istehsal edilən zavodlarda tərkibində müxtəlif duzlar həll olan məhsul tullantı kimi zavod yaxınlığında qazılan çökəklərə axıdılır və orada «ağ dəniz» yaradır. Həmin məhlul torpağa hoparaq onun məhsuldarlığını məhv edir, yaxud dənizə axıldıqda onu zəhərləyir. Tullantıları zərərsizləşdirmək üçün xüsusi təmizləyici qurğular tikilir. Kimyaçıların qarşısında tullantıları təkcə zərərsizləşdirmək məsələsi deyil, həm də

onun tərkibində olan faydalı komponentləri ayıraraq təkrar istehsalata qaytarmaq problemi dayanır. Bəzi tullantılar gübrə kimi işlədilər bilər. Məsələn, sulfat turşusu istehsalı zamanı alınan kolçedan yanığı torpağa verildikdə arpanın məhsuldarlığı artır. Polad istehsal edən və mis əridən zavodlardan alınan şlak, sement zavodlarının tozları və s. də gübrə kimi tətbiq olunur.

Bir neçə komponentlə zəngin olan xammaldan istifadə etmək də böyük əhəmiyyət kəsb edir. Belə xammaldan istifadə etmək onu ucuzlaşdırır və emalını sadələşdirir. Bu halda alınan məhsulun keyfiyyəti daha yüksək olur. Kimya sənayesində tətbiq olunan xammal həmişə zənginləşmiş olur. Ona görə də xammal emal edilməzdən qabaq zənginləşdirilir.

Qida maddələrindən alınan xammalı qeyri-qida maddələrdən alınan xammalla əvəz etmək böyük əhəmiyyətə malikdir. Son zamanlara qədər bir çox kimya məhsulları qida maddələrindən alındığından milyon tonlarla taxıl, kartof, bitki yağı, heyvan piyləri və s. sərf olunurdu. Məsələn, sintetik kauçuk istehsal etmək üçün xammal kimi etil spirti lazımdır. 1 t etil spirti almaq üçün 10-11 t kartof, yaxud 4 t taxıl sərf olunurdu. Hazırda etil spirti etilendən alınır. Beləliklə qida maddələrindən xammal kimi istifadə etmək getdikcə aradan qalxır.

Boyalarda, laklarda, dərman maddələri, bir çox plastik kütlələr və bir sıra başqa maddələr istehsalında bitki və heyvani xammallar sintetik maddələrlə tamamilə sıxışdırılmışdır. Belə olduqda məhsulun maya dəyəri aşağı düşür, çünki qida maddələrindən alınan məhsulun maya dəyəri daha yüksək olur.

Xammalın zənginləşdirmə üsulları

Bir qayda olaraq xammalın tərkibində faydalı komponentlərlə yanaşı faydasız, lazımsız komponentlər də olur.

Belə komponentlər *boş süxur* adlanır. Xammalı zənginləşdirməkdə məqsəd, faydalı süxuru, yəni külçəni boş süxurdan azad etmək və onu emal üçün əlverişli olan bir və ya bir neçə məhsula ayırmaqdır. Xammalı zənginləşdirdikdə onda olan faydalı komponentin faizlə miqdarı artdığından aparatların istehsalı və məhsulun keyfiyyəti yüksəlir, prosesin enerji sərfi azalır. Xammalın zənginləşdirilməsi sənaye üçün xammal ehtiyatını artırır. Belə ki, faydalı komponenti az olan xammalı zənginləşdirməklə, onun sənaye əhəmiyyətini artırıb, emala yararlı hala salırlar. Bunun nəticəsində xammalın emalı prosesinin texniki və iqtisadi effekti artır, xammaldan alınan hazır məhsulun keyfiyyəti yaxşılaşır. Xammalı çıxarıldığı yerdə zənginləşdirmək daha əlverişlidir. Belə olduqda boş filizin daşınması üçün lazım olan enerji və nəqliyyat sərfi aradan qalxır. Zənginləşdirmə kombinatlarında həm bərk, həm də maye və qaz materiallar zənginləşdirilir. Ona görə də xammalı zənginləşdirmə üsulları da müxtəlifdir. Zənginləşdirmə yolu ilə boş süxurdan azad edilmiş məhsula *konsentrat* deyilir. *Konsentrat çəkisinin ilkin xammalın çəkisinə olan nisbətində konsentratın çıxımı deyilir.*

Konsentratdakı faydalı maddə miqdarının emal edilmiş xammaldakı faydalı maddə miqdarına olan nisbətində çıxarılma dərəcəsi deyilir. Konsentratdakı faydalı maddə faizinin başlanğıc xammaldakı faydalı maddə faizinə nisbətində zənginləşdirmə dərəcəsi deyilir. Zənginləşdirmə prosesi mineraların fiziki və fiziki-kimyəvi xassələrinin fərqlənməsi əsasında aparılır. Bu xassələr mineralın forması, rəngi, parıltısı, xüsusi çəkisi, sürtünmə əmsalı, maqnitə həssaslığı, elektrik keçirmə qabiliyyəti, bəzi məhsullarda islanması və s.-dən ibarətdir.

Xammalı zənginləşdirən zaman bəzən mineraların bir sıra xassələrini sün'i yolla gücləndirmək mümkündür. Məsələn, mineralın maqnitə təsirini gücləndirmək üçün maqnitləşdirici yandırma prosesindən istifadə edilir. Xüsusi mad-

dələrdən istifadə etməklə mineralın istilikkeçirmə və islanma qabiliyyətini artırmaq olar.

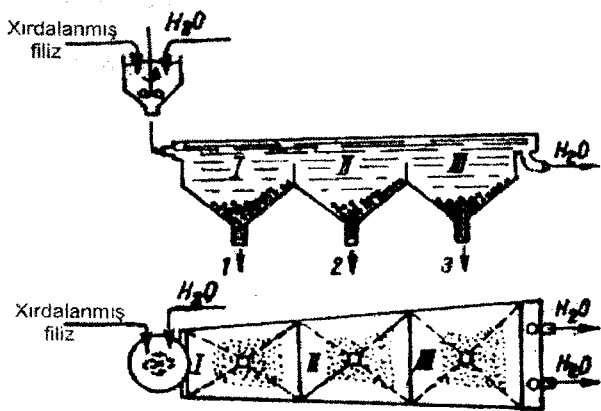
Zənginləşdirmə texnikasında əsasən aşağıdakı üsullardan istifadə olunur.

1. **Xəlbirləmə üsulu.** Bu üsul xammalın tərkibinə daxil olan mineralların müxtəlif möhkəmliyə malik olmasına əsaslanır. Belə mineralları xırdalayan zaman nisbətən kövrək minerallar daha xırda hissəciklərə parçalanır. Ona görə də müxtəlif ölçülü dəşikləri olan xəlbirdən keçirdikdə kiçik hissələr xəlbirdən keçir, iriləri isə xəlbirdə qalır. Bu yolla eyni tərkibli xammalı bir yerə toplamaq olur. Xəlbirlər çox zaman maili vəziyyətdə yerləşdirilir və silkələyici, yırğalayıcı və vibrasiya edən mexanizmlərlə təchiz olunur.

2. **Qravitasiya üsulu.** Bu üsul mineralların xüsusi çəki-lərinin və onların parçalanmasının müxtəlif mühidə (ən çox suda) hərəkət sürətinin müxtəlifliyinə əsaslanır. Qravitasiya üsulu ilə qara və əlvan metal mineralları, daş kömür və s. faydalı qazıntılar zənginləşdirilir. Bu üsul xüsusi çökdürücü maşınlardan, qatılaşdırıcı stollardan, yuyucu maşınlardan istifadə etməklə həyata keçirilir. Zənginləşdirmə maye mühidə aparılarsa yaş qravitasiya üsulu ilə zənginləşdirmə, hava, yaxud inert qaz mühitində aparıldıqda isə quru qravitasiya üsulu ilə zənginləşdirmə adlanır.

a) **Yaş qravitasiya üsulu** ilə zənginləşdirmə aşağıdakı kimi aparılır (şəkil 30): xırdalanmış xammal xüsusi çənlərdə su ilə qarışdırılır və çökdürücü kameralara (I, II, III) verilir. Kameraların dibi konusvari olur. Belə kameralara bunkrlər də deyilir. Kameranın eni tədricən artdığı üçün bərk hissəciklərin sürəti də tədricən azalır. Bu da onların dibə çəkməsinə imkan verir. I kamerada ən ağır, II kamerada orta ağır, III kamerada isə yüngül parçalar çökür.

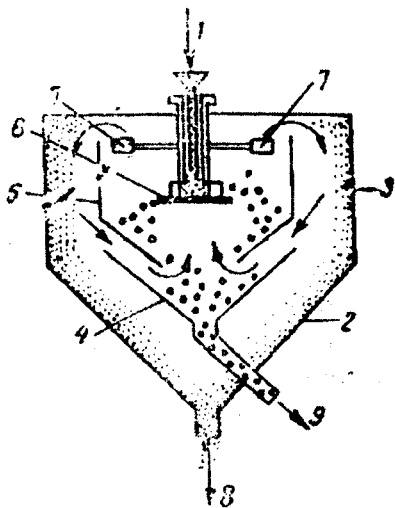
Kameranın sayı xammalın tərkibindən asılı olaraq seçilir. Xammalı çoxlu fraksiyalara ayırmaq lazım gəldikdə kameraların sayı da çox olur. Fraksiyalar kameralardan



Şəkil 30. yaş qrafitasiya üsulu ilə zənginləşdiricinin sxemi:
I, II, III – çökdürücü kameralar; 1, 2, 3- boşaltma yolları.

xüsusi boşaltma yolları (1,2,3) ilə boşaldılır. Bu prinsip üzrə qatılaşdırıcı stollar-dan və çökdürücü maşın-lardan da istifadə edilir.

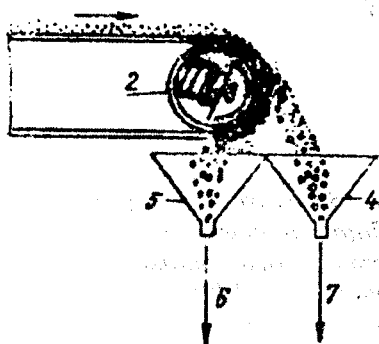
b) **Quru qravitasiya üsulu** ilə zənginləşdirmə prosesində mərkəzdənqaçma prinsipi üzrə işləyən hava separatorlarının (şəkil 31) istifadə edilir. Separator konus-la (2) qurtaran silindrdən (3) ibarətdir. Silindr daxilində konus-la (4) qurtaran da-



Şəkil 31. Hava separatorunun sxemi:
1-xırdalanmış material, 2-xarici konus, 3-xarici silindr, 4-daxili konus, 5-daxili silindr, 6-nimçə, 7-qanadlı ventilyator, 8-hazır xammal, 9-təkrar xırdalanmaya gedən xammal

xili silindr (5) elektrik mühərriki ilə fırlanan nimçəsi (6) və qanadları (7) vardır. Nimçənin və qanadların fırlanması nəticəsində hava hərəkətə gəlir. Fırlanan nimçənin üzərinə tökülən xırdalanmış material hava axınının təsirindən silindrlərin divarlarına toxunaraq öz sürətini itirir və xarici silindrin konusundan (2) xaric olur (8). Nisbətən iri hissəciklərdən ibarət olan material daxili silindrin (5) konusuna (4) verilir və oradan təkrar xırdalanmaq üçün xaric olur (9).

3. Maqnitlə zəngiləşdirmə üsulu. Bu üsul maqnitləşə bilən filizləri maqnitləşməyən filizlərdən ayırmaq üçün tətbiq olunur. Bu yolla filizləri boş süxurlardan təmizləmək mümkün olur. Filizin ayrılması elektromaqnit sepatartorlarından (şəkil 32) istifadə etməklə həyata keçirilir. Xammal xırdalandıqdan sonra lentli transportyora (1) verilir. Transportyor elektromaqnitlə (3) təchiz olunmuş barabana (2) malikdir. Lentin barabanın səthi ilə sürtünməsi zamanı xammalın maqnitləşməyən hissəsi lentdən müvafiq bunkerə



Şəkil 32. Elektromaqnit separatorunun sxemi:

1-lentli transportyor, 2-baraban, 3-elektromaqnit, 4-bunker (maqnitləşməyən xammal üçün), 5-bunker (maqnitləşən xammal üçün), 6-maqnitləşən xammal, 7-maqnitləşməyən xammal

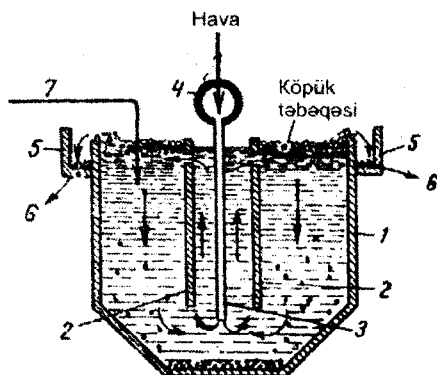
(4), maqnitləşən hissəsi isə lentin barabana toxunma müddətində lentə yapışır və başqa bunkerə (5) tökülür. Beləliklə maqnitləşən və maqnitləşməyən material bir-birindən ayrılır.

4. Flotasiya üsulu.

Bu üsul geniş yayılmış zənginləşdirmə üsullarından biridir. Bu onunla izah edilir ki, müxtəlif xassələrə malik olan flotoreagentlərdən istifadə etməklə mürəkkəb tərkibli dağ süxurlarını həm

ayırmaq, həm də zənginləşdirmək mümkündür. Digər üstün cəhəti ondan ibarətdir ki, flotoreagentin çox az miqdarı ilə tonlarla xammalı zənginləşdirmək və ayırmaq olur. Məsələn, 100 q flotoreagent sərf etməklə 1 t süxur zənginləşdirmək mümkündür. Flotasiya metodu ilə xammalı zənginləşdirmək prosesi mineral hissəciklərin su ilə islanmasının müxtəlifliyinə əsaslanır. İslanmayan hissəciklər suyun səthinə çıxır, islanan hissəciklər isə aparatın (şəkil 33) dibinə yataır. Proses flotasiya maşınlarında aparılır. Xırdalanmış material flotoreagentlə birlikdə maşına verilir. Maşın kamera-rezervuardan (1), onun daxilində yerləşdirilmiş arakəsmələrdən (2) və onların arasında yerləşdirilmiş borulardan ibarətdir.

Borularla (3), kollektordan (4), kameraya (1) təzyiqlik altında hava verilir. Hava qarışığı qarışdırılır və islanmayan hissəcikləri (hidrofob hissəcikləri) köpüklə birlikdə suyun səthinə qaldırır. Hava həm də suspenziyanın kamera həcmində sirkulyasiyasını təmin edir. Suyun səthinə qalxan hissəcikləri səthdə saxlamaq üçün suya köpük əmələgətirici reagentlər (şam yağı, ağac şirəsi, (deqot)) əlavə edilir. Köpük xammal hissəcikləri ilə birlikdə novlar (5) vasitəsilə xaric olaraq qatılaşdırılmağa və süzülməyə göndərilir. Kameranın dibinə yatan hissəciklər boş süxur kimi aşağıdan xaric olur.



Şəkil 33. Hava ilə qarışdırılan flotasiya aparatının sxemi:

- 1-kamera rezervuar, 2-arakəsmələr, 3-hava borusu, 4-kollektor, 5-novlar, 6-konsentrat, 7-xırdalanmış filizin suyu suspenziyası.

Təbii minerallar əsasən yaxşı islanırlar. Onların ayrılması üçün suspenziyaya xüsusi maddələr-yığıcılar, reagent-kollektorlar əlavə edilir. Bu reagentlər onların islanma qabiliyyətini azaldır. Belə maddələrə misal olaraq olein və nafen turşularını misal göstərmək olar. Lazım gəldikdə suspenziyaya elə flotoreagentlər əlavə edilir ki, filizlərin birgə flotasiyasını təmin edir. Bu zaman flotasiya olunan xammalın tərkibində bir neçə faydalı material olur. Elə flotoreagentlər də vardır ki, əksinə, flotasiya zamanı konsentratda yalnız bir faydalı element qalır, qalan faydalı elementlər boş süxurla birgə ayrılır. Belə flotasiya selektiv flotasiya adlanır.

5. Elektrostatik zənginləşdirmə üsulu. Bu üsul bərk mineralların elektrik keçiriciliyinin müxtəlifliyinə əsaslanır. Proses zamanı metal külçələr qeyri-metal külçələrdən ayrılır. Bu zaman nadir metal filizləri də zənginləşir.

Göstərilən zənginləşdirmə üsullarından başqa materialların ərimə temperaturunun müxtəlifliyinə əsaslanan termiki zənginləşdirmə, həllolmalarının müxtəlifliyinə, kimyəvi reagentlərlə parçalanmalarına və qarışığa daxil olan materialın yanmasına əsaslanan kimyəvi zənginləşdirmə üsulları da geniş yayılmışdır.

Maye xammal məhlul halında olur. Məhlulların qatılıqlarını artırmaq üçün həlledicini buxarlandırmaq, məhlulu faydalı komponentlərlə doydurmaq və dondurmaqla qarışıqlardan ayırmaq kimi üsullardan istifadə edilir. Məsələn, məhlullardan suyu buxarlandırmaqla müxtəlif mineral duzlar, qələvilər, turşular, əlvan metallar və s. almaq olur.

Qaz qarışıqlarını ayrı-ayrı komponentlərə ayırmaq üçün onları soyudur və yüksək təzyiq altında sıxırlar. Bu metod qaz qarışığı komponentlərinin kondensləşmə temperaturlarının müxtəlifliyinə əsaslanır. Bəzi hallarda qaz qarışığı əvvəlcə mayeləşdirilir, sonra isə ardıcıl buxarlandırma yolu ilə komponentlərinə ayrılır. Havadan azot və oksigen bu yolla alınır. Bundan başqa qaz qarışığını mayelərlə adsorbsiya, yaxud bərk maddələrlə adsorbsiya etməklə də tər-

kib komponentlərinə ayırmaq mümkündür. Bu məqsədlə müxtəlif növ absorbent və adsorbentlər seçilir.

Kimya sənayesində su

Su, kimya sənayesində əsas xammal kimi işləndiyi kimi, həm də universal həlledici, istilikdaşıyıcısı və katalizator kimi tətbiq olunur. Sənayenin sudan istifadə edilməyən bir sahəsi yoxdur. Su sıxıla bilmədiyi üçün ondan hidravlik preslərdə təzyiqtürücü kimi istifadə olunur. Sular iki qrupa bölünür: 1) təbii sular, 2) sənaye suları.

Təbii sular 3 qrupa bölünür:

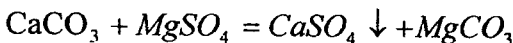
1. Atmosfer suları.
2. Səth suları.
3. Yeraltı sular.

A t m o s f e r s u y u (yağış və qar suyu) ən təmiz su hesab edilir. Onun içərisində az miqdarda hava ilə birlikdə həll olmuş qazlar, şəraitdən asılı olaraq mexaniki qatışıqlar, azot oksidləri, az miqdarda hidrogen - sulfid, sulfit və sulfat anhidridləri, bəzən üzvi qarışıqlar da olur.

S ə t h s u l a r ı əsasən çay, göl və dəniz sularından ibarətdir. Bu suların tərkibində mexaniki qatışıqlar daha da çoxdur. Səth sularında həmişə kalsium- hidrokarbonat, maqnezium- hidrokarbonat, sulfat və xloridlər və s. olur. Dəniz suyunun tərkibində demək olar ki, bütün elementlərin, hətta qiymətli və radiaktiv metalların birləşmələri də vardır. 1 kq- da 1 q- dan az duz olan suya duzsuz su, 1 q- dan çox duz olan suya isə duzlu su deyilir. Səth sularının 1 l- də 700- 900 mq duz olur. Belə suların codluğu 1- 8 mq ekv/l- dən çox olmur. Dəniz və okean sularında çoxlu miqdarda $NaCl$ və $MgCl_2$ vardır. Məsələn Qara dəniz suyunun mineral tərkibi 17705 mq/l, codluğu isə 46,0 mq-ekv / l, Xəzər dənizi suyunun mineral tərkibi 13064 mq/l, codluğu isə 74,9 mq-ekv/l-dir. Aydın ki, xüsusi üsullarla təmizlənmədən belə sulardan texnikada və məişətdə istifadə etmək ol-

maz. Sənaye sularının tərkibində çoxlu miqdarda həll olmuş duzlar olmamalıdır. Müəssisənin növündən asılı olaraq sənaye sularında həll olan duzların maksimum miqdarı müvafiq DÜST tərəfindən müəyyən olunur. Çox təmiz su yarımkeçiricilər, lümineforlar və digər kimyəvi maddələr istehsalında tələb olunur.

Məişətdə və texnikada istifadə olunan sularda mexaniki qarışıqların, həll olan duzların, qazların və mikroorqanizmlərin miqdarı müəyyən olunmuş limitdən çox olmamalıdır. Karbonatlar, oksigen qazan və boruları korroziyaya uğratdığı üçün buxar qazanlarında istifadə olunan su natrium-karbonatdan və oksigendən azad olmalıdır. Bu məqsədlə işlənən suyun hər litrində quru qalığın miqdarı 0,2 – 0,3 qramdan çox olmamalıdır. Buxar qazanlarının dibinə yatan ərp qazanının istilikkeçiriciliyini azaldır və boruların normaldan çox qızdırılmasını tələb edir. Ona görə də onlar vaxtından tez xarab olur. Ərp aşağıdakı reaksiyalar üzrə əmələ gəlir.

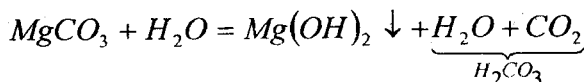
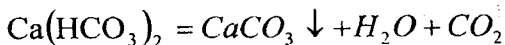


Gips, kalsium və maqneziumun karbonatları, silikatlar mexaniki qatışıqlarla birlikdə ərp əmələ gətirir.

Suyun əsas keyfiyyət göstəriciləri onun codluğu, ümumi duzluluğu, şəffaflığı, oksidləşmə qabiliyyəti və kimyəvi reaksiyalarından ibarətdir. Codluq dedikdə suyun tərkibində olan kalsium və maqnezium ionlarının ona verdiyi xüsusi xassələr toplusu başa düşülür. Codluq suyun l l-də olan Ca^{2+} və Mg^{+2} ionlarının mq-ekv miqdarı ilə göstərilir.

Suyun codluğu üç cür olur: *müvəqqəti, daimi və ümumi codluq*.

Müvəqqəti codluq fiziki üsullarla aradan qaldırıla bilən codluqdur. Belə suda kalsium və maqnezium bikarbonatları olur və suyu qaynatdıqda onlar asanlıqla sudan ayrılır. Bu proses aşağıdakı reaksiyalara əsaslanır:



Daimi codluğa malik olan suda kalsium və maqneziumun xloridləri, sulfatları, nitratları və silikatları olur. Ümumi codluğa, suda olan kalsium və maqneziumun bütün duzları – xloridləri, sulfatları, bikarbonatları, nitrat və silikatları yaradır. Ümumi codluğu aradan qaldırmaq üçün bir neçə üsul məlumdur.

1952-ci ilə qədər suyun codluğu dərəcələrlə ölçülürdü. Codluq dərəcəsi suyun 1 litrində olan 10 mq CaO və ya 7,19 mq MgO – ə müvafiq olan duzun miqdarını müəyyən edir.

Hazırda suyun codluğu mq-ekv/l-lə ölçülür. Codluğu 1 mq-ekv/l olan suda 20,04 mq/l Ca^{+2} və ya 12,16 mq/l Mg^{+2} ionları vardır.

Suyun təmizlənməsi

Suyu sənayedə təmizləməkdə məqsəd onu tərkibindəki ərp əmələ gətirən, çöküntü verən, korroziyaya səbəb olan və texnoloji proseslərə mane olan qatışıqlardan azad etməkdir.

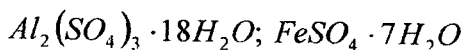
Suyun təmizlənmə üsulları onun tərkibində olan qatışıqların və suya olan tələbatın növündən asılı olaraq müxtəlif olur.

Əsas təmizləmə üsullarından biri *çökdürmə* və *koagulyasiya*dır. Adi çökdürmə üsulu ilə suyun mexaniki qatışıqlardan təmizlənmə prosesi çox yavaş getdiyindən bu metoddan hazırda istifadə edilmir. Bu yolla suyu təmizlədikdə

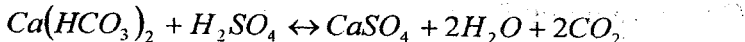
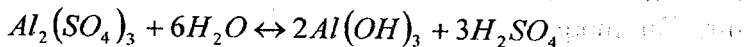
qapalı süzgülərdən istifadə edilir. Süzgəc kimi 1 – 2 m qalınlığı olan qum təbəqəsindən istifadə olunur. Təbii su qum təbəqəsindən keçdikdə mexaniki qatışıqlardan təmizlənir.

Koaqulyasiya üsulu ilə suyun kolloid və asılı halda olan qatışıqlardan təmizlənməsi geniş yayılmışdır. qatışıqları çökdürmək üçün onların hissəciklərinin yükləri koaqulyasiyaediciyə və ya elektrolitlərin əks-ışarəli yükləri ilə neytrallaşdırılır.

Deməli, koaqulyasiyaedicilər elektrolit maddələrdir. Bunlardan effektivləri alüminium və dəmir birləşmələridir:



Göstərilən maddələrlə sudakı qatışıqların koaqulyasiya edilməsi həmin duzların (koaqulyantların) suda hidrolizinə əsaslanır. Məsələn, koaqulyant kimi suya alüminium-sulfat əlavə edilərsə hidroliz nəticəsində sulfat turşusu alınır ki, bu da suyun karbonatlı codluğunu aşağıdakı reaksiyalar əsasında aradan qaldıra bilər:



Koaqulyasiya prosesinin tam getməsi müxtəlif amillərdən asılıdır. Sudakı qatışıqın kimyəvi və komponent tərkibi koaqulyantın təbiəti və miqdarı, temperatur və s. kimi amillər prosesə daha güclü təsir göstərir.

Müəyyən edilmişdir ki, koaqulyasiya prosesi 35-40^oS-də daha effektiv gedir. Koaqulyant kimi alüminium sulfat götürdükdə onun sərfi sudakı qarışığın miqdarından asılı olaraq 30-150 q təşkil edir.

Koaqulyasiya metodu ilə su əsasən kobud dispers və kolloid hissəciklərdən azad olur. Üzvi maddələr və silikatlar

suda kolloid hissəcikər əmələ gətirdikləri üçün koaquulyant-lar vasitəsilə birincilərin 60-80%-i, ikincilərin isə 25-50%-i sudan ayrılır.

Suyun yumşaldılması və duzsuzlaşdırılması

Suda həll olan və ona codluq verən duzların müxtəlif üsullarla çökdürülərək sudan ayrılması prosesinə onun *yumşaldılması* deyilir.

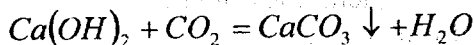
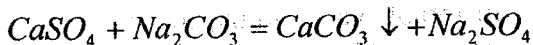
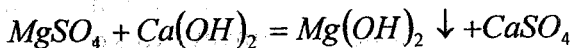
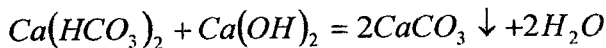
Suyun onda həll olan duzlardan tamamilə və ya qis-mən azad olmasına onun *duzsuzlaşdırılması* deyilir.

Suyun yumşaldılması üç üsulla həyata keçirilir: fiziki, kimyəvi və fiziki-kimyəvi üsullar.

Fiziki üsul termiki (qaynama), distillə və dondurma üsullarından ibarətdir. Bu üsullarla yalnız müvəqqəti cod-luq qismən aradan qalxır.

Kimyəvi üsul. Burada iki üsul tətbiq olunur: *çökdürmə*; *kationdəyişmə*.

Kimyəvi üsulla suyun yumşaldılması Ca və Mg duzla-rını suda az həll olan çöküntüyə keçirmə prinsipinə əsasla-nır. Bu məqsədlə suya $Ca(OH)_2$ və Na_2CO_3 əlavə edilir. Ona görə də bu üsula *əhəng-soda* üsulu deyilir və aşağıdakı reaksiyaları əhatə edir:

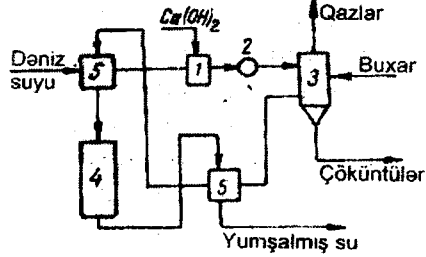


Buradan aydın olur ki, karbonat codluğu verən duzla-rı çökdürdükdə yumşaldılmış suyun duzluluğu azalır, daimi codluq verən duzları çökdürdükdə isə suyun duzluluğu

dəyişmiş, çünki bu vaxt Ca^{+2} və Mg^{+2} kationları natriumla əvəz olunur.

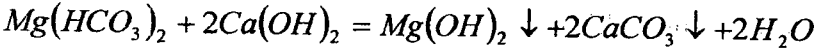
Termokimyəvi üsulla dəniz suyunun yumşaldılması qurğusunun prinsipial sxemi aşağıda verilir (şəkil 34).

Yumşaldılma aşağıdakı qaydada aparılır. Əvvəlcə dəniz suyu əhəng südü ilə qarışdırılır (1) və termiki yumşaldıcı aparata (3) verilir. Bu zaman Mg duzları Ca duzlarına çevrilir. ($CaCl_2$, $CaSO_4$) və



Şəkil 34. dəniz suyunun termokimyəvi üsulla yumşaldan qurğunun sxemi: 1-qarışdırıcı, 2-nasos, 3-termiki yumşaldıcı, 4-kationit süzgeç, 5-qızdırıcılar.

$Mg(OH)_2$ çöküntüsü əmələ gəlir. Eyni zamanda karbonat codluğu əmələ gətirən duzlar da çökür:



Sonra $Ca(OH)_2$ suda olan karbon qazı ilə birləşərək $CaCO_3$ şəklində sudan ayrılır.

Suyun termiki yumşaldılması çox yayılmış üsullardan biridir. Bu onunla əlaqədardır ki, termiki qurğularda suyun codluğu 0,1 mq-ekv/l – ə qədər azalır və su demək olar ki, tamamilə duzsuzlaşır. Proses iki mərhələdə aparılır: birinci mərhələ termiki yumşaldıcıda, ikinci mərhələ kationit süzgecdə başa çatır.

Göstərilən qurğu nisbətən mürəkkəbdir və suyun duzsuzlaşması prosesi baha başa gəlir. Buna baxmayaraq termiki yumşaldıcılardan geniş istifadə olunur, çünki bu üsulla suyun codluğu daha çox azalır. Silikatlar və üzvi birləşmələr praktiki olaraq suda qalmır. Hazırda belə qurğular Bakıda fəaliyyət göstərir.

Qurğunun əsas aparatları termiki yumşaldıcı (3) və kationit süzğəcdir (4).

Əhənglə işlənmiş su nasos (2) vasitəsilə termiki yumşaldıcıya (3) verilir və 6 – 7 atm təzyiqdə su buxarı ilə 160 – 170°C-yə qədər qızdırılır. Bu şəraitdə $CaSO_4$ ərp və ya şlam şəklində çökür. Termiki yumşaldıcıda başlanan bütün reaksiyalar başa çatır. Silikatlar, üzvi birləşmələr, kolloidal və asılı olan qatışıqlar (dispers halda olan çöküntülər) $Mg(OH)_2$ vasitəsilə adsorbsiya olunur. Termokimyəvi yumşaltma və əhəngləşdirmə nəticəsində ayrılan bütün çöküntülər aparatın dibinə yatır, üfürülür və oradan xaric edilir. Termiki yumşaldıcı aparatda suyun codluğu 20 mq-ekv/l – ə qədər azalır. Ona görə də suyun codluğunu daha çox azaltmaq üçün o, kationit süzğəcdən (4) keçirilir. burada onun codluğu daha da azalaraq 0,1 mq-ekv/l olur. Bu məqsədlə su kationit süzğəcdə bir neçə saat saxlanılır.

Fiziki-kimyəvi üsul. Bu üsulla suyu yumşaltmaqla yanaşı onu tamamilə duzsuzlaşdırmaq da mümkündür. Fiziki-kimyəvi üsul iki qrupa bölünür: 1. *Elektrokimyəvi üsul*; 2. *İonit üsulu.*

Elektrokimyəvi üsul elektrodializ və elektroosmos proseslərinə əsaslanır.

İonit üsul daha çox yayılmışdır. Bu üsula *iondəyişmə üsulu* da deyilir. İondəyişmə üsulunu tətbiq etməklə suyu tamamilə düzsuzlaşdırmaq olur.

İondəyişmə üsulu ionitlərin (çətin həll olan bərk maddələrin) xassələrinə əsaslanır. Bu maddələr öz ionlarını suda həll olan duz ionları ilə mübadilə etmək qabiliyyətinə malikdir.

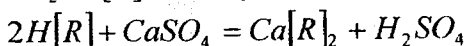
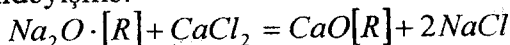
İonitlər anionit və kationitlərə bölünür. Kationitlərdə kation, anionitlərdə isə anion mütəhərrik olur. Kationitlər Na – kationit və H – kationitlərdən ibarətdir. Anionitlərdə hidrosil qrupları mütəhərrik olduğundan onlar OH – anionit adlanır. Na - kationitlərə alümosilikatları $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot xH_2O$, qlaukoniti, seoliti, permutiluni, H – ka-

tionitlərə sulfolaşmış kömürü, fenolformaldehid qatranlarını, stirolun divinil ilə sopolimerlərini misal göstərmək olar.

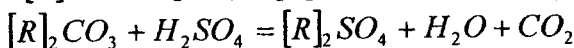
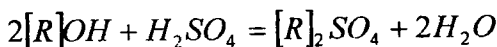
OH – anionitlər kimi süni qatranları – məsələn, karbamid qatranlarını götürmək olar.

İondəyişmə metodu ilə suyun təmizlənməsi prosesini aşağıdakı reaksiyalarla göstərmək olar.

Kationdəyişmə:



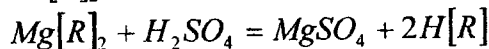
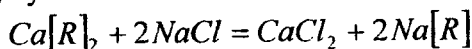
Aniondəyişmə:



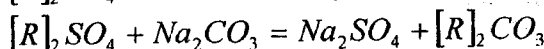
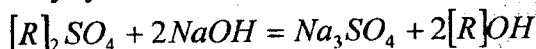
R – ionit molekulunun mübadilədə iştirak etməyən hissəsidir.

Zaman keçdikcə ionitlərin iondəyişmə aktivliyi azalır. Onları yenidən bərpa etmək üçün müxtəlif reagentlərdən istifadə edilir.

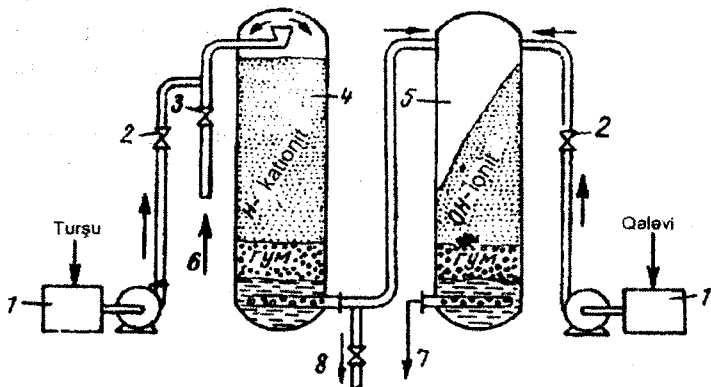
İşlənmiş *Na* – kationiti bərpa etmək üçün onu xörək duzu məhlulu ilə, işlənmiş *H* – kationiti isə mineral turşu məhlulu ilə yuyurlar:



İşlənmiş anioniti bərpa etmək üçün o qələvi və ya soda məhlulları ilə yuyulur:



Suyu tam duzsuzlaşdırmaq üçün onu əvvəlcə kationitdən sonra isə anionitdən buraxmaq lazımdır. Aşağıda suyun duzsuzlaşdırılmasının texnoloji sxemi verilir (şəkil 35).



Şəkil 35. Suyu duzsuzlaşdırən qurğunun sxemi:
 1-yığıcılar, 2,3- siyirtmələr, 4-kationit süzğəc, 5-anionit süzğəc, 6-tə-
 mizləməyə verilən su, 7-duzsuzlaşmış su, 8-regenerasiya məhlulu.

Su (6) əvvəlcə H – kationitli süzğəcdə (4) kalsium, maqnezium və natrium ionlarından azad olur. Sonra su anionlardan azad olmaq üçün anionit süzğəə (5) verilir. Bundan sonra o, süzğəcdən xaric olaraq (7) deqazatorlara göndərilir və karbon qazından azad olur, yığıcıda toplanır və istifadəyə göndərilir.

İonitləri regenerasiya etmək üçün turşu və qələvi yığıcılarında (1) istifadə edilir. Regenerasiya zamanı suyun sistemə verilməsi siyirtmənin (3) köməyi ilə dayandırılır və bu müddətdə siyirtmə (2) açıq qalır.

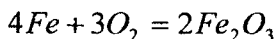
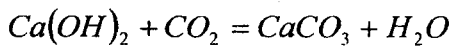
İonit üsulu əhəng-soda üsulundan bir sıra üstünlükləri ilə fərqlənir. Burada aparatlar sadə və yığcam olur, su tamamilə duzsuzlaşır, qurğulara xidmət və nəzarət etmək nisbətən asandır və proses ucuz başa gəlir.

Suda həll olan qazları ondan kənar etmək üçün fiziki və kimyəvi üsullardan istifadə edilir.

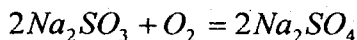
Fiziki üsulla suyu həll olan qazlardan azad etmək üçün su vakuumda qızdırılır, yaxud aerasiya olunur.

Suda həll olan qazları kimyəvi üsulla kənar etmək üçün onlar birləşmə halına salınır. Məsələn, suyu onda həll

olan karbon qazından azad etmək üçün o əhəng suyu ilə dolu olan süzgəcdən, oksigeni ayırmaq üçün içərisində dəmir tozu olan süzgəcdən keçirilir.

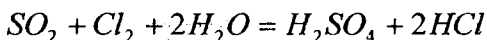
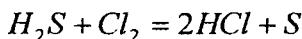


Suyu oksigendən azad etmək üçün bəzən ona reduksiyaedici kimi natrium-sulfit əlavə edilir:



Korroziyanı sürətləndirən H_2S və SO_2 kimi qazlardan suyu daha dəqiq təmizləmək lazımdır. Bu halda *vakuumda qızdırma* və *aerasiya* metodlarından müvəffəqiyyətlə istifadə edilir. Lakin bu məqsədlə kimyəvi reagentlər də tətbiq olunur.

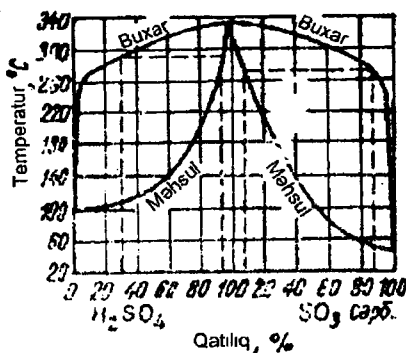
Məsələn oksidləşdirici kimi xlor götürüldükdə aşağıdakı reaksiyalar gedir və su qazlardan azad olur.



VI FƏSİL. SULFAT TURŞUSU İSTEHSALI

Sulyat turşusu kimya sənayesinin əsas məhsullarından biridir. Susuz sulfat turşusu ağır, yağvarı mayedir. O, su ilə istənilən nisbətdə qarışır. Sulfat turşusu suda həll olduqda çoxlu istilik ayrılır, 296°S – də qaynayır, 10°S-də donur. Susuz sulfat turşusuna monohidrat da deyilir. Onun Sulu məhlulu da sulfat turşusu adlanır. Sənayenin xüsusiyyətindən asılı olaraq sulfat turşusu müxtəlif qatılıqda işlənir. Məsələn, mineral gübrələr istehsalında 75-78%-li, neft məhsullarının təmizlənməsində 95-97%-li, polimerlər (sintetik kauçuk) istehsalında oleum (1:1 nisbətində olan $H_2SO_4:SO_3$ qarışığı oleum adlanır) və s. işlənir.

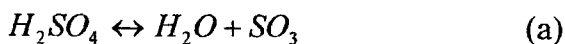
Təmiz sulfat turşusu rəngsiz, texniki sulfat turşusu isə onda olan qatışıqların hesabına tünd rəngdə olur. Sulfat turşusunun ərimə və qaynama temperaturu məhlulun qatılığından asılıdır. Qış vaxtı aşağı temperaturlarda sulfat turşusunu çox qatı istehsal etmək olmaz, çünki, qatılığı təmiz turşunun qatılığına yaxın olan sulfat turşusu



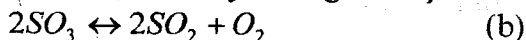
Şəkil 36. Atmosfer təzyiqində H_2O-SO_3 sisteminin qaynama diaqramı.

istehsal zamanı borularda kristallaşar və bir sexdən başqa sexə keçirilə bilməz. Nəql olunan zaman isə sisternlərdə donar və onu boşaltmaq çətinləşər, 98,3%-li sulfat turşusu azeotrop qarışıq adlanır və belə turşunun buxarları vahid kondensləşmə temperaturuna, maye halda isə vahid qaynama temperaturuna (336,6°S) malikdir. Azeotrop nöqtədən hər hansı istiqamətə kənara çıxma zamanı buxarların kondensləşmə temperaturu mayenin qaynama temperaturundan kəskin fərqlənir. Bunu H_2O-SO_3 sisteminin atmosfer təzyiqi altında qaynama diaqramından da görmək olar (şəkil 36). $H_2O - SO_3$ sisteminin qaynama diaqramından duru sulfat turşusunun qatılaşdırılması prosesinin rejimini təyin etmək üçün istifadə edilir. Diaqramdan görünür ki, 80% - li sulfat turşusunun qaynama temperaturu 200°S-dən aşağıdır.

Bu halda yalnız turşunun tərkibindəki su buxarlanır. Turşunun qatılığı 93%-dən yuxarı olduqda (diaqramda qırıq xətlərlə göstərilir) buxar fazada sulfat turşusunun miqdarı artmağa başlayır. Temperaturun artması ilə sulfat turşusunun dissosiasiyası başlanır:



Temperatur 400°S-dən çox olduqda qarışıqda SO_3 molekullarının sayı H_2SO_4 molekullarından çox olur. Son-rakı qızdırma SO_3 molekullarının dissosiasiyasına gətirib çıxarır:



Temperatur 400°S-dən yüksək olduqda buxar fazada SO_2 -nin miqdarı daha da artır və SO_3 molekullarının sayından çox olur, 1000°S-dən yüksək temperaturda isə SO_3 molekulları tamamilə (b) tənliyi üzrə dissosiasiya edir.

SO_3 -dəki suyun miqdarından asılı olaraq turşunun donma temperaturu da müxtəlif olur.

Sulfat turşusu çox aktiv birləşmədir. O metal oksidlərini və metalların çoxunu həll edir. Yüksək temperaturda

başqa turşuları onların duzlarından sıxışdırıb çıxarır. Sulfat turşusu müxtəlif tərkibli hidratlar əmələ gətirdiyindən su ilə çox hərisliklə birləşir. O başqa turşulardan və duzların kristalhidratlarından da suyu ayırıb özünə birləşdirir. Sulfat turşusunun bu xassəsindən qazların qurudulması və duru nitrat turşusunun qatılaştırılmasında istifadə olunur. Sulfat turşusu ələ və s. düşdükdə yanıq əmələ gətirir. Orqanizm daxilinə hər hansı yolla az miqdarda sulfat turşusu düşdükdə ağır ölümə nəticələnir. Sulfat turşusu ilə işlədikdə xüsusi geyimdən, rezin əlcək və çəkmələrdən, qoruyucu eynəklərdən istifadə etmək lazımdır.

Sulfat ruşusu qatılığından asılı olaraq, metallara müxtəlif cür təsir göstərir. Qatılığı 75%-dən çox olan sulfat turşusunun daşınması üçün turşuyadavamlı polad sistemlərdən istifadə edilir. Qatılığı bundan az olduqda sistemlərin içərisinə qurğuşundan, turşu daha zəif olduqda isə rezindən üz çəkilir. Az miqdarda turşunun daşınması və saxlanması üçün həcmi 30 - 45 l olan şüşə qablardan istifadə olunur.

Sulfat ruşusu istehsalı üçün xammal

Sənayedə sulfat turşusu almaq üçün yeganə xammal kükürd qazıdır. Lakin kükürd qazının özünü istehsal etmək üçün işlədilən xammallar çoxdur. Bunlardan elementar kükürd, sulfid birləşmələri (FeS_2 , FeS , ZnS , CuS , $CuFeS_2$), sulfatlar ($CaSO_4$, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$), tərkibində kükürd qazı olan metallurgiya qazları, hidrogen-sulfid və s. daha çox işlədilir.

Hazırda kükürd qazı almaq üçün 47%-li kükürd kolçedanından, 20%-li kükürddən, tərkibindən 25% kükürd qazı olan metallurgiya qazlarından və 8% hidrogen-sulfid olan digər tullantı qazlarından istifadə olunur.

Göstərilən xammallardan kükürd daha əlverişli hesab edilir. Belə ki, kükürddən alınan kükürd qazı nisbətən təmiz

olur. Bu da həm katalizatorun uzunömürlü olmasını, həm də alınan turşunun təmiz olmasını təmin edir.

Kükürd. Təmiz kükürd sarı rəngli bərk maddədir. Onun kristallarının müxtəlif allotropik şəkildəyişmələri vardır. 119⁰S-də əriyir, 445⁰S-də qaynayır. Elektriki və istiliyi pis keçirir, suda həll olmur.

Kükürd təbiətdə həm sərbəst, həm də birləşmələr halında tapılır. Sərbəst kükürd çox da təmiz olmur. Külçədə kükürdün miqdarı 10% -dən 75%-ə qədər olur. Sərbəst kükürdün əmələ gətirdiyi yataqların dərinliyindən asılı olaraq o həm açıq, həm də qazma üsulu ilə çıxarılır. Belə yataqlar Qərbi Ukraynada və Orta Asiyada daha çox yayılmışdır. Sərbəst kükürd həm də mis istehsal edən zavodlarda əlavə məhsul kimi alınır.

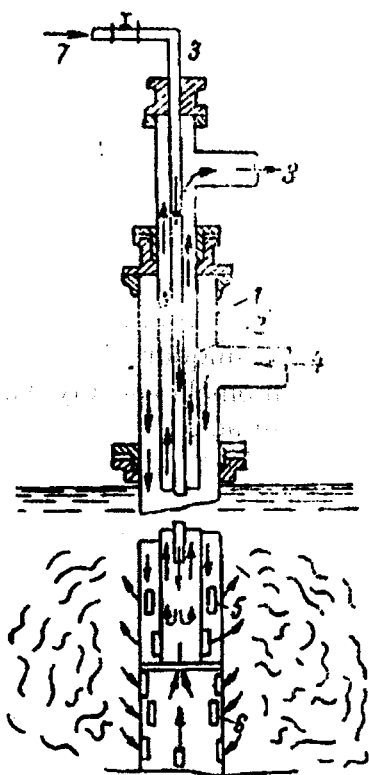
Kükürd təkcə kükürd qazı almaq üçün deyil, həm də barit, kibrit, rezin, müxtəlif boyalar, kənd təsərrüfatı zərərvericilərinə qarşı mübarizə vasitəsi və dərman maddələri hazırlamaq üçün istifadə olunur.

Elementar kükürd kükürdlü filizlərdən əritməklə, yaxud filizi flotasiya etməklə ayrılır. Orta Asiyada tapılan kükürd yataqlarındakı kükürd filizində 40%, Qayqaz filizində isə 20-30% kükürd olur. Kükürd yataqlarının dərinliyi bəzən 125–130 metrə çatır. Daha dərin yataqlardan kükürd çıxarmaq üçün kükürd filizi yer altında əridilir. Bu məqsədlə bir-birinin içərisində olan üçborulu aparat quraşdırılır (şəkil 37). Xarici borunun diametri 200 mm, orta borunu diametri 100 mm, mərkəzi borunun diametri isə 65 mm olur.

Qurğu kükürd yatağına yerləşdirildikdən sonra xarici boruya (1) 10 – 15 atm, təzyiqlik altında 165⁰S-də qaynar su (4), mərkəzi boruya (3) isə 30 atm-dək sıxılmış isti hava (7) vurulur. Qaynar su (4) xarici borunun (1) deşiklərindən (5) çıxaraq filiz qatlarına daxil olur. Bu zaman kükürd əriyir və aşağı axaraq deşiklərdən (6) orta boruya (2) dolur. Mərkəzi

boruya (3) verilən isti havanın (7) təsiri ilə ərimiş kükürd (8) orta boru ilə yuxarı qalxaraq yer səthində ağac qəliblərə toplanır. Qəliblər sökülüb-yığıla bildiyindən kükürdü onlardan asanlıqla çıxarmaq olur. Kükürdün qəliblərdə soyuyub bərkiməsi üçün 2 aya qədər vaxt tələb olunur. Çıxarılan kükürd bəzən elə təmiz olur ki, onu yenidən təmizləməyə ehtiyac qalmır. Kükürdün bərkimə müddətini qısaltmaq üçün lazım gəldikdə onu dövrü hərəkət edən lent üzərinə tökürlər. Bir quyunun kükürd ehtiyatı 10 – 15 min t-a çatır. Bu üsulla kükürdün çıxarılma dərəcəsi 50% olur. Quyular bir-birindən 100 m məsafədə qazılır. Yağın hər yerində kükürdün konsentrasiyası eyni olmadığı üçün quyulardan alınan kükürdün təmizliyi də eyni olur. Kükürdlə daha zəngin olan quyudan ayrılan kükürdün təmizliyi 98 – 99%-ə çatır.

Filizdən təmiz kükürd almaq üçün *termiki və fiziki – termiki* üsullardan istifadə edilir.



Şəkil 37. Kükürdün yer altında əridilib çıxarılması üçün işlənən quyunun sxemi:

1,2,3-xarici, orta və mərkəzi borular,
4-qaynar su, 5-suyun çıxması üçün
deşiklər, 6-ərimiş kükürdün boruya
daxil olması üçün deşiklər, 7-sıxılmış
isti hava, 8-ərimiş təmiz kükürd.

T e r m i k i ü s u l l a k ü k ü r d ü əridib çıxarmaq üçün 4 və 6 kameralı sobalardan istifadə edilir. Bunlardan 6 kameralı soba daha çox işlədilir. 6 ədəd kiçikhəcmli sobalar bir-birilə birləşdirilir. Onlardan dördü filizlə doldurulur, ikisi isə ehtiyatda saxlanılır. Kameralardan birində yanacaq kimi kömür yandırılır. Bu zaman filizdə olan kükürdün də bir hissəsi yanır. Ayrılan istilik o biri kameralara keçərək filizdəki kükürdü əridir. Ərimiş kükürd xüsusi pəncərədəki yolla axaraq qəliblərə tökülür və bərkidikdən sonra istifadə etmək üçün göndərilir.

F i z i k i - t e r m i k i ü s u l l a k ü k ü r d ü əridib filizlərdən ayırmaq üçün avtoklavlardan istifadə olunur. Avtoklav silindr formada poladdan hazırlanır. Aşağı və yuxarı bunkerlərlə təchiz olunmuş avtoklavın tutumu 3 – 4 t-dur. Yuxarı bunkerdən kükürlü filiz daxil olur, aşağıdan isə ərimiş kükürd xaric olur. Periodik işləyən avtoklavda əks axın prinsipindən istifadə edilir. Yəni kükürdün əriməsinə səbəb olan su buxarı avtoklava aşağıdan verilir. Ayrılan kükürdün təmizliyi 98–99% olur. Avtoklavda ftolasiya kolçedanını da əritmək mümkündür. Filizdə kükürdün miqdarı 25 – 30%-dən az olmamalıdır.

Kükürd kolçedanı. XIX əsrin birinci yarısına qədər sulfat turşusu istehsalı üçün əsas xammal kükürd hesab edilirdi. Həmin dövrdən kükürdü kolçedan əvəz etməyə başlamışdır. Kükürd qazını yalnız kolçedandan FeS_2 deyil, yuxarıda deyildiyi kimi, digər sulfidli birləşmələr və sulfatlardan da alırlar. Bunlardan sink parıltısı ZnS , xalkozit Cu_2S , xalkopirit $CuFeS_2$, tepardit Na_2SO_4 , mirabilit $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$, gips $Ca_2SO_4 \cdot 2H_2O$, barit $BaSO_4$ və s. daha çox işlədilir.

Kolçedan yataqları Uralda, Qafqazda və Orta Asiyada yayılmışdır. Orta Asiyada və Qafqazda yayılan kolçedan misli kolçedandır. Mis kolçedanında mis kovellin CuS , xalkopirit və digər birləşmələrin tərkibində olur. Kolçedan tipli xammallardan pirrotinlər də çox yayılmışdır. Pirrotinlərin

ümumi formulu Fe_nS_{n+1} kimidir. Bunlardan Fe_7S_8 tərkibli filiz daha çox yayılmışdır ki, bunun da tərkibində 30%-ə qədər kükürd olur.

Kolçedan hər hansı bir məqsəd üçün çıxarılsa belə kolçedan adı kükürd kolçedanı adlanır. Təbiətdə tapılan kolçedanın iki allotrop forması məlumdur:

1. Pirit; 2. Markazit.

Pirit kub, markazit isə rombşəkilli kristallardan ibarətdir.

Markazit 450°S -də ekzotermik reaksiya üzrə piritə çevrilir. Pirit sarı, yaxud yaşıl-boz, markazit isə piritdən daha açıq rəngdə olur. Pirit təbiətdə daha çox yayılmışdır.

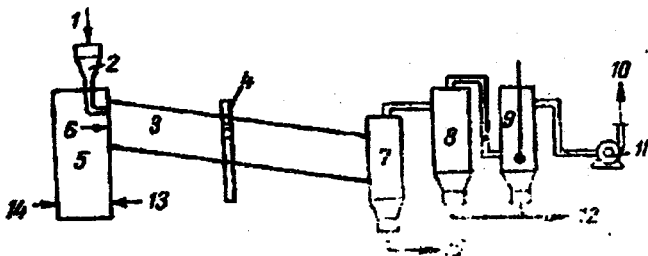
MDB və bir sıra digər ölkələrdə bu günə qədər sulfat turşusu istehsalı üçün əsas xammal pirit FeS_2 hesab edilir. Təmiz piritdə 54% kükürd, 46% dəmir vardır. Təbii kükürd kolçedanında adətən 40 – 50% kükürd, 36 – 44% dəmir olur. Ümumiyyətlə, xammal kimi işlədilən piritdə kükürd 25%-dən az olmamalıdır. Kolçedan filizlərində əlvan metalların sulfidləri, karbonat turşusunun duzları, arsen birləşmələri, qum, gil, selen və gümüş birləşmələri də kifayət qədər olur.

Hazırda kükürd kolçedanının ehtiyatları durmadan azalır. Ona görə də sulfat turşusu istehsalını kolçedanla təmin etmək üçün başqa müəssisələrin tullantı və əlavə məhsullarından istifadə edilir. Məsələn, mis almaq üçün lazım olan kükürdlü filizlər flotasiya üsulu ilə zənginləşdirilir. Bu zaman tullantı kimi alınan kolçedan flotasiya kolçedanı adlanır və xüsusi emal mərhələlərini keçdikdən sonra kükürd qazı almaq üçün xammal kimi işlədilir. Belə xammallardan biri də kömürlərin çıxarılması və zənginləşdirilməsi zamanı əldə olunan kolçedandır ki, buna da *kömür kolçedanı* deyilir.

Flotasiya kolçedanı. Flotasiya kolçedanı filiz zənginləşdirən kombinatlarda suda asılqan kimi alınır. Belə asılqanın

tərkibində 80% su olur. Suyun ayrılması üçün asılıqan əvvəlcə su yığıclarında saxlanır, sonra xüsusi süzğəclərdən keçirilir. Beləliklə kolçedanın nəmliyi 12 – 14%-ə qədər azalır. Kolçedanın sonrakı qurudulması baraban tipli qurğularda aparılır. Flotasiya kolçedanı qalıq nəmlik 4 – 5% olana qədər qurudulur.

Kükürlü filizlərdə misin miqdarı 1,0%-dən çox olduqda onlardan həm mis, həm də kükürd qazı almaq üçün istifadə edilir. Bu məqsədlə filiz əvvəlcə mis əridən zavodlarda zənginləşdirilərək misin miqdarı 25 – 30%-ə çatdırılır. Ona görə də filiz mislə zəngin olan hissəyə - mis konsentratına və flotasiya qalıqna–flotasiya kolçedanına ayrılır. Filizdə olan misin 80%-dən çoxu mis konsentratına keçir, qalan hissəsi flotasiya qalıqında qalır. Flotasiya qalıqı zənginləşdirilmək üçün götürülən filizin 80 – 85%-ni təşkil edir. flotasiya kolçedanınının təbii kolçedanlardan bir sıra üstün-lükləri vardır: flotasiya kolçedanını qurutduqdan sonra onu birbaşa kol-



Şəkil 38. Baraban tipli qurucunun sxemi:

1-yaş kolçedan, 2-bunker, 3-fırlanan baraban, 4- dişli çarx, 5-yanma kamerası, 6-isti yanma məhsulları, 7-boşaldıcı, 8-tsiklonlar, 9-elektrik süzğəci, 10-atmosferə ötürülən qazlar, 11-ventilyator, 12-toz, 13-hava, 14-yanacaq, 15-quru kolçedan.

çedan yandıran sobalarda yandırmaq mümkündür; flota-siya qalıqında kükürdün miqdarı 32-40% təşkil edir ki, onu da təkrar zənginləşdirməklə kükürdün miqdarını 50%-ə çatdırmaq olur. Bu da sulfat turşusu üçün kükürlə ən zəngin olan xammal hesab edilir.

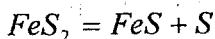
Flotasiya kolçedanının qurudulması. Flotasiya qurğusundan alınan kolçedanın nəmliyi 12 – 14% olur. Belə kolçedanı sobalarda yandırmaq olmur. Ona görə də flotasiya kolçedanını yenidən qurutmaqla onun nəmliyini 4 – 5%-ə qədər azaltmaq lazım gəlir. Bu məqsədlə baraban tipli fırlanan quruducu qurğulardan istifadə edilir (şəkil 38). Qurğu fırlanan barabandan, onu fırladan dişli çarxdan, yanma kamerasından, bunkerdən və tsiklonlardan ibarətdir.

Flotasiya kolçedanı (1) fasiləsiz olaraq bunkerə (2), oradan da fırlanan quruducu barabana (3) daxil olur. baraban (3) dişli çarxların (4) köməyi ilə dəqiqədə 5 dövr (5 dövr/dəq) etməklə fırlanır. Baraban müəyyən bucaq altında maili yerləşdirilmişdir. Bundan məqsəd kolçedanın proses zamanı aşağı istiqamətdə boşaldıcıya (7) doğru hərəkət etməsini təmin etməkdir. Qarışdırmanı daha effektiv aparmaq üçün barabana daxilədən polad parçalar bərkidilmişdir. Kolçedan barabanda isti yanma məhsullarının (6) temperaturu hesabına quruyur. İsti yanma məhsulları (6) kamerada (5) yanan yanacaqdan (14) əmələ gəlir və yaş kolçedanla eyni istiqamətdə hərəkət edir. Yanma məhsullarının temperaturu $600 - 700^{\circ}\text{S}$ olmasına baxmayaraq kolçedan nəm olduğuna görə bu temperaturda yanmır (kolçedanın yanma temperaturu $450 - 500^{\circ}\text{S}$ -dir). Quru kolçedan barabandan (3) boşaldıcıya (7) daxil olur və oradan $60 - 70^{\circ}\text{S}$ -də xaric olur (15). Yanma məhsulları və toz halında olan kolçedan əvvəlcə tsiklonları (8), sonra isə elektrik süzgəcini (9) keçərək yanma məhsulları tozdan (12) təmizlənir, ventilyatorla (11) sorulur və atmosfərə ötürülür (10). Xaric olan qazların temperaturu $110 - 120^{\circ}\text{S}$ olur. Prosesin temperaturunu tənzimləmək və yanacağın tam yanmasını təmin etmək üçün yanma kamerasına (5) hava (13) üfürülür.

Bu qurğunun əsas aparatı quruducu barabandır (3). O, silindr formasında poladdan hazırlanır. Uzunluğu 9 m, diametri 1,7 m-dir.

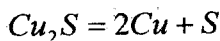
Sulfidli filizlər. Təbiətdə mövcud olan sulfidli filizlər (kolçedanlar) təmizləndikdən, zənginləşdirildikdən və qurudulduqdan sonra kükürd almaq üçün istifadə olunur.

Bu üsulla kükürd almaq üçün az hava verilir, kolçedan yüksək temperaturda (650°S) qızdırılır və dissosiasiya edir:

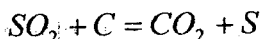


Peçdə qalan FeS verilən havanın təsiri ilə oksidləşib Fe_2O_3 və SO_2 –yə çevrilir. İçərisində kükürd olan isti peç qazı peçin yuxarisından xaric olaraq soyuducunu, sonra isə süzğəci keçir və kükürddən ayrıldıqdan sonra atmosfərə ötürülür. Yığıcıdakı Fe_2O_3 isə peçin aşağısından tullantı kimi xaric olur. Bu yolla alınan kükürd flotasiya tullantısında olan kükürdün 50 %-ni, kolçedan kükürdünün isə 80%-ni təşkil edir.

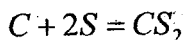
Misi filizlərindən əritməklə alan zaman mislə birlikdə çoxlu miqdarda kükürd də alınır. Bu məqsədlə mis filizi koks və flyusla (SiO_2, CaO) birlikdə yandırma peçinə doldurulur. Aşağıdan isə hava daxil olur. Daxil olan havanın miqdarı yuxarıdan ayrılan peç qazındakı havanın miqdarına görə tənzimlənir. Filiz peçin aşağı zonasında 550°S -də quruyur. Quruma prosesi aşağıdan yuxarı hərəkət edən isti qazların hesabına başa çatır. Filiz aşağı endikcə temperatur yüksəlir və $700 - 800^{\circ}\text{S}$ -də dissosiasiya edir:



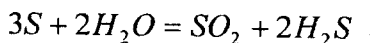
Bu zaman əmələ gələn kükürd qazı kömürlə rastlaşdıqda reduksiya olunur və kükürd ayrılır:



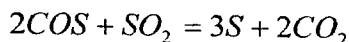
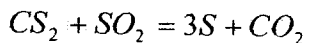
Proses zamanı kükürdün bir qismi karbonla birləşərək karbon-sulfidə çevrilir.



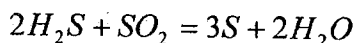
Şixta nəm olduqda hidrogen-sulfid alınır:



Alınan qaz kükürlü birləşmələr və peç qazı ilə birlikdə peçdən xaric olur, toz kamerasında tozdan təmizlənir, sonra reaksiya kameralarında 400 – 450°S – də katalizatorun [boksit və ya $Al(OH)_3$] iştirakında SO_2 ilə reaksiyaya girib, əlavə olaraq kükürdə çevrilir:



Reaksiya kamerasından xaric olan qazları soyuducuda 130–140°S-yə qədər soyutduqda kükürdün təxminən 80%-ə qədəri kondensləşərək ayrılır. Kükürdün qalan hissəsi qaz içərisində birləşmə halında qalır. Onu ayırmaq üçün 130°S temperaturda qaz soyuducudan xaric edilir və yenidən 200°S-yə kimi qızdırıldıqdan sonra ikinci reaksiya kamerasına verilir. Göstərilən katalizatorun iştirakı ilə kamerada əsas reaksiya aşağıdakı kimi gedir:



Alınmış qaz yenidən soyudulur və maye kükürdlə yuxarı hissədən suvarılan və qırıntılarla dolu olan qülləyə daxil edilir. Kükürd ayrıldıqdan sonra qalan qazlar atmosfərə buraxılır. Bu yola alınan kükürdə qaz kükürdü deyilir.

Metallurgiya qazları və hidrogen-sulfid. Hidrogen-sulfid sulfat turşusu istehsalında mühüm xammallardan biridir. Bu məqsədlə istifadə olunan hidrogen-sulfid metallurgiya qazlarının tərkibində kükürd qazı və digər qazlarla birlikdə olur.

Bu baxımdan metallurgiya peçlərinin qazları da sulfat turşusu istehsalı üçün xammal mənbəyi hesab edilir. Əlvan metalların (mis, sink, qurğuşun və s.) istehsalı üçün onların sulfidləri yandırılır. Alınan metal oksidləri ilə birlikdə, peç qazları içərisində 3 – 4%-ə qədər kükürd qazı da olur. Əvvəllər peç qazları havaya buraxılırdı və beləliklə də milyon

tonlarla kükürd faydasız olaraq itirdi, 1950-ci ildən başlayaraq əlvan metal filizləri və konsentratları yandıran peçlər tətbiq edilməyə başlanmışdır. Nəticədə peç qazları içərisindəki kükürd qazının miqdarı 12 – 15%-ə çatdırılmışdır ki, bundan da sulfat turşusu istehsalında geniş istifadə olunur.

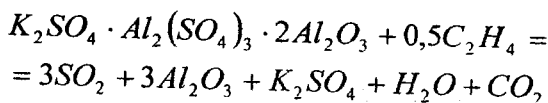
Müxtəlif kimya zavodlarında, metallurgiya və neft emalı proseslərində digər qazlarla birlikdə hidrogen-sulfid də olur. Məsələn, koks və generator qazı, təbii qazlar və s. içərisində olan müəyyən miqdar hidrogen-sulfidi ayırmaq üçün müxtəlif üsullardan istifadə edilir. Bu məqsədlə əsasən monoetanolamin və soda üsulları tətbiq olunur. təmizlənəcək qazı hidrogen-sulfiddən azad etmək üçün qaz qarışığı içərisi həlledici ilə dolu kalonlardan keçirilir. Bu zaman hidrogen-sulfid həlledicidə həll olur, təmiz qaz isə kalonun yuxarisından xaric olaraq istifadə yerinə göndərilir. Məhlulda olan hidrogen-sulfid qızdırıldıqda məhluldan desorbsiya olunur və ondan xammal kimi istifadə edilir. Beləliklə, hidrogen-sulfidi qazdan ayırmaqda məqsəd bir tərəfdən qazı zərərli qarışıqdan təmizləmək, digər tərəfdən ayrılan hidrogen-sulfiddən xammal kimi istifadə etməkdir. Lazım olan hidrogen-sulfid sulfidli filizlərdən alınan kükürd nəm olduqda da əmələ gəlir.

Alunitlər. Sulfat turşusunun istehsalı üçün işlədilən əsas xammallardan biri də alunitlərdir. Ölkəmiz çox böyük alunit yataqlarına malikdir. Azərbaycanın ən böyük alunit yatağı Zəylik ərazisindədir. Saf alunitin kimyəvi tərkibini $Na_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 2Al_2O_3 \cdot 6H_2O$, yaxud $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 2Al_2O_3 \cdot 6H_2O$ kimi göstərmək olar. Bəzi alunitlərdə Al_2O_3 əvəzinə Fe_2O_3 olur. Belə alunitlər dəmir alunitləri adlanır.

Ümumiyyətlə alunit süxurlarının tərkibində SiO_2 sili-
kat şəklində, az miqdarda isə TiO_2 , MgO , CaO , P_2O_5 , BaO
və s. olur.

Aluniti 500 – 550°S qızdırdıqda tərkibindəki kristallaşma suyunu itirir, 650°S-dən yuxarı temperaturda isə parçalanaraq SO_3 ayırır.

Alunitin parçalanma zonasına reduksiyaedici kimi qaz halında maddə, məsələn etilen C_2H_4 , daxil edilərsə reaksiya aşağıdakı kimi gedər və SO_2 alınar:



Reaksiyadan alınan Al_2O_3 alüminium istehsalında, K_2SO_4 isə gübrə kimi işlədilir.

Sulfat turşusunun alınma üsulları

Hələ XIII əsrdə sulfat turşusunu dəmir kuporosunun $FeSO_4$ parçalanmasından alırdılar. Elə buna görə indi də sulfat turşusunun növlərindən biri kuporos yağı adlanır. Lakin artıq çoxdandır ki, kuporosdan sulfat turşusu alınmır.

Hazırda sulfat turşusu sənayedə iki üsulla istehsal olunur:

1. Nitroz üsulu (qüllə üsulu);
2. Kontakt üsulu;

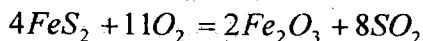
Nitroz üsulu 200 ildən artıqdır ki, mövcuddur. Kontakt üsulu isə XIX əsrin axırlarında, XX əsrin əvvəllərində işlənilib hazırlanmışdır. Hər iki üsulun birinci mərhələsini kükürlü xammallardan kükürd qazının SO_2 alınması təşkil edir. İkinci mərhələdə kükürd qazı təmizləndikdən sonra kükürd 6-oksida SO_3 qədər (xüsusilə kontakt üsulunda) oksidləşdirilir. SO_2 -nin SO_3 -ə adi şəraitdə oksidləşməsi çox yavaş getdiyi üçün katalizator tətbiq edilir.

Üçüncü mərhələdə SO_3 su ilə udularaq sulfat turşusuna çevrilir.

Kükürd qazının alınması

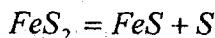
Kükürd qazı kəskin iyli rəngsiz qazdır. Havadan 2,3 dəfə ağırdır. Suda həll olduqda davamsız və zəif sulfid turşu əmələ gəlir. Kükürd qazı $10^{\circ}S$ -də mayələşir. Çox zəhərlidir. Kükürd qazı sənayedə kükürdü və kükürdlü birləşmələri yandırmaqla alınır.

Kolçedanın yandırılması. Kolçedanı hava axımında yandırdıqda aşağıdakı reaksiyalar üzrə kükürd qazı alınır:

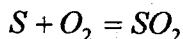


Proses zamanı bir sıra ardıcıl və paralel gedən aşağıdakı kimyəvi reaksiyalar baş verir.

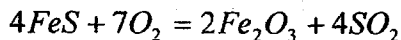
a) Pirit dissosiasiya edir:



b) Alınan kükürd yanır:



v) Dəmir 2-sulfid oksidləşir:



Kolçedanın yanma prosesi heterogen proses olduğu üçün bu prosesin sürəti $u = K \cdot F \cdot \Delta c$ kimi ifadə olunur.

Burada: K – kütləötürmə əmsalı, F – fazaların toxunma səthi, Δc – prosesin hərəkətverici qüvvəsidir.

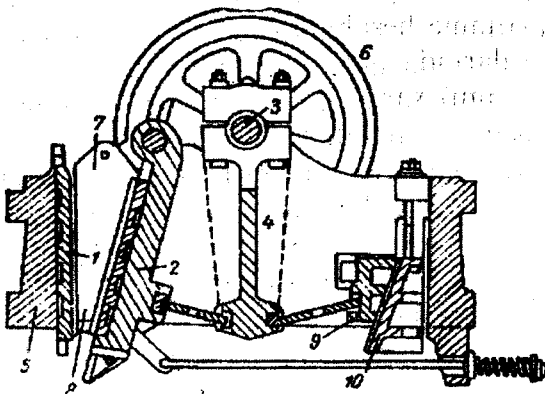
Yanma prosesi temperaturun artması, SO_2 -nin qatılığının azalması, oksigenin qatılığının artması, kolçedan hissəciklərinin kiçik olması, kolçedan və havanın qarışdırılma intensivliyinin artması ilə sürətlənir. Prosesin temperaturu

kolçedanın tərkibi və hissələrin ölçüsündən asılı olaraq 850–1100°S olur.

Kolçedanın yanması zamanı ayrılan istilik prosesdə yüksək temperaturun saxlanması təmin edir. Onun yanması üçün hava lazım olan miqdardan 1,2 – 1,8 dəfə çox verilir. Havanın artıq olması yanma prosesinin sürətlənməsinə və alınmış SO_2 -nin sulfat turşusuna çevrilmə prosesinin asanlaşmasına səbəb olur. Lakin havanın həddən çox verilməsi prosesin temperaturunu aşağı sala bilər.

Kolçedanı yandırmazdan qabaq onun tərkibi müəyyənləşdirilir və müəyyən ölçüyə qədər xırdalanır. Kolçedan parçaları nə həddən çox kiçik, nə də həddən çox böyük olmalıdır. Parçalar çox kiçik olduqda onlar yandırma kamerasında bir-birinin üzərinə yatır və hava ilə pis qarışır. Bu da kolçedanın tam yanmasına mane olur. Parçalar çox iri olduqda da onların tam yanması təmin olunmur və qarışdırılması çətinləşir. Kolçedan parçalarının ölçüləri eyni olmalıdır (6 – 7 mm). Bu məqsədlə xüsusi xırdalayıcı mövcuddur: yanaqlı və toxmaqlı xırdalayıcılar.

Yanaqlı xırdalayıcı (şəkil 39) çox da mürəkkəb olmayan bir qurğudur. Onun əsas hissələri yanaqlar, sürgü qolu və eksentrik oxdur. Yanaqlardan biri (hərəkət edən yanaq) (2) sürgü qoluna (4), digəri (hərəkət etməyən yanaq) (1) çərçivəyə (5) bərkidilmişdir. Hərəkət edən yanaq (2) eksentrik ox (3) üzərində yerləşdirildiği üçün nazımçarx (6) hərəkət etdikdə o da yuxarı və aşağı hərəkət edir. Yanaqların arasına daxil olan iri kolçedan parçası (7) yanaqların hərəkəti nəticəsində arada sıxılaraq xırdalanır. Xırdalanmış kolçedan aşağıdan xaric olur (8). Xırdalayıcının arxa tərəfində qurulub və sürgü qolu ilə birləşdirilmiş iki ədəd paz (9, 10) kolçedan parçalarının ölçülərini müəyyən etmək üçün tətbiq olunur. Pazlardan birini yuxarı qaldırıb aşağı saldıqda onunla əlaqədə olan yanaqların vəziyyəti dəyişir. Onlar ya irəli, ya da geriyyə hərəkət edərək aradakı məsafəni ya geniş-

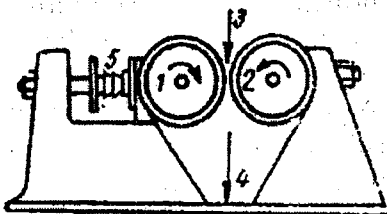


Şəkil 39. Yanaqlı xırdalayıcı:

1,2 – yanaqlar, 3-eksentrik ox, 4-sürgü qolu, 5-çərçivə,
6-nazimçarx, 7,8-daxil və xaric olan kolçedan
parçaları, 9,10-pazlar.

ləndirir, ya da daraldır. Beləliklə də, aşağıdan müəyyən ölçüdə kolçedan parçaları xaric olur. Yanaqlara iç tərəfdən qabırğavarı lövhələr birləşdirilir. Xarab olduqda bütöv yanağı deyil, yalnız lövhələri dəyişdirmək kifayət edir. Qabırğavarı lövhələrin işləmə müddəti 6 aydan 1 ilə qədər olur. Xırdalayıcının orta məhsuldarlığı 100 t/saatdır.

Yanaqlı xırdalayıcılarda kolçedan parçalarının ölçüləri 30 – 40 mm olur. Ona görə də kiçik parçalar ayrıldıqdan sonra kolçedanı



Şəkil 40. toxmaqlı
xırdalayıcı:

1,2-toxmaqlar, 3,4-kolçedan
yolu, 5-yay.

görə də kiçik parçalar ayrıldıqdan sonra kolçedanı peçə verilə bilən ölçüdə (6 – 7mm) xırdalamaq üçün onu toxmaqlı xırdalayıcıya (şəkil 40) verirlər. Toxmaqlı xırdalayıcının əsas hissələri iki ədəd silindrşəkili toxmaqlardır (1,2). Bunlar eyni diametrlili olub

paralel və üfüqi oxlar üzərində bir-birinə əks istiqamətdə fırlanır. Kolçedan parçaları yuxarıdan toxmaqlar arasına tökülür və sürtünmə hesabına saxlanaraq toxmaqlar hərəkət etdikdə aralarında qalıb əzilir və aşağıdan lazım olan ölçüdə (6 – 7 mm) xaric olur (3, 4). Xırdalanma dərəcəsi toxmaqlar arasındakı məsafədən asılıdır.

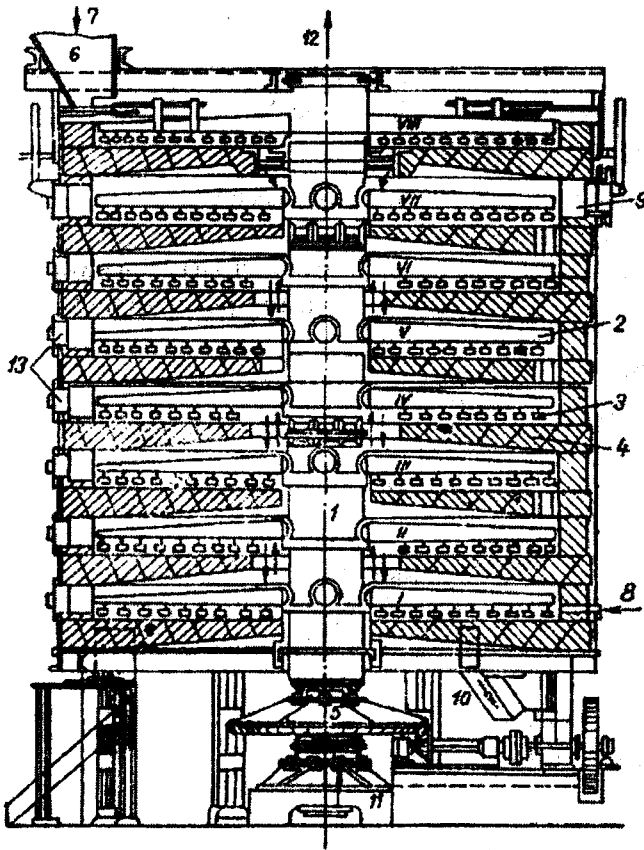
Buna görə toxmaqlardan birinin (2) oxu hərəkət etməyən yastıq üzərində, digərinin (1) oxu isə toxmağın dal tərəfində qurulmuş yay (5) vasitəsilə irəli-geri hərəkət edən yastıq üzərində qurulmuşdur. Bu xırdalayıcı ilə saatda 30 – 40 t kolçedan xırdalamaq olur.

Kolçedan yandıran sobalar

Kolçedan yandıran sobaların iş prinsipi və quruluşu kursun əvvəlində, ümumi hissədə verilmişdir.

Hazırda kolçedan yandırmaq üçün üç tip soba daha çox yayılmışdır: 1) rəfli mexaniki sobalar; 2) toz halında kolçedan yandıran sobalar; 3) qaynar layda kolçedan yandıran sobalar.

Rəfli mexaniki sobalar (şəkil 41) polad lövhələrdən şaquli formada hazırlanmış silindrlərdir. Onların içərisi odadavamlı kərpiclə hörülür. Silindrin daxili tağlarla (4) 8 kameraya (I – VIII) bölünmüşdür. Birinci kamera qurutma kamerası, qalan 7 kamera isə yandırma kameraları adlanır. Sobanın mərkəzində isə içərisi boş çuqun val (1) qoyulmuşdur. Kolçedan kameralara bunkerdən daxil olur. Valın üzərində hər kamera üçün iki dırmaq yerləşdirilir. Val sobanın aşağı hissəsində yerləşdirilmiş dişli çarxlar (5) vasitəsilə hərəkətə gətirilir. Sobanın aşağısından daxil olan hava (11, 12) valı və dırmaqları soyudur. İş vaxtı dırmaqlarla birlikdə fırlanır və kolçedanı qarışdırır. Kameradakı dırmaqların hərəkəti nəticəsində kolçedan parçaları bir kameradan digərinə tökülür. Kolçedan sobaya daxil olan hava ilə qarışaraq ya-



Şəkil 41. Rəfli mexaniki soba:

I – VIII kameralar 1- val, 2- dırnuqlar, 3- dişlər, 4- tağlar,
 5- dişli çarx, 6 - bunker, 7 - kolçedan, 8 - hava, 9- peç qazı,
 10 - Fe_2O_3 tullantısı, 11, 12 - hava axını, 13- pəncərələr.

nır. Yanma prosesinə əlavə hava lazım olduqda o VI kame-
 rayaya verilir.

Alınan peç qazı kolçedanın kameralara töküldüyü de-
 şiklər vasitəsilə aşağıdan yuxarıya doğru hərəkət edir. Bu
 qayda ilə alınmış SO_2 peç qazı içərisində (9) VII kameradan,
 Fe_2O_3 (10) isə I kameradan xaric olur. Kameralardakı

yanma prosesinə nəzarət etmək üçün pəncərələrdən (13) istifadə olunur. Çıxan peç qazının temperaturu 650⁰S olur. Peç qazının tərkibi: SO₂ - 9%; SO₃ - 0,5%; O₂ - 9 – 10%; N₂ - 80%; H₂O (b) - 2%; SO₃; Al₂O₃ və s. Tullantı qazlarının tərkibində bərk maddə hissəcikləri, o cümlədən toz 10 – 15 q/m³-dən çox olmur.

Yanmayan kükürdün miqdarı orta hesabla 2% təşkil edir. O, sobadan xaric olduqda temperaturu 400 – 500⁰S-yə çatır.

Sobanın məhsuldarlığı onun intensivliyindən asılıdır və aşağıdakı formulla hesablanır:

$$Q = \frac{F \cdot u}{100} \text{ m / gün}$$

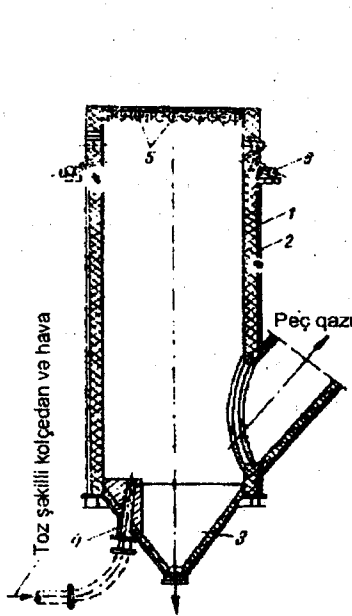
Burada: F – m²-lə ölçülən işçi tağların səthi;

u – kq/m² · gün ilə ölçülən və içərisində 45% S olan kolçedan yandırılmasını nəzərə almaqla sobanın intensivliyidir.

Silindr formada olan bu sobanın hündürlüyü 8 m, diametri 6 m, tağların ümumi səthi 140 sm² olur. Belə sobada hər gün 35 t kolçedan yandırılır.

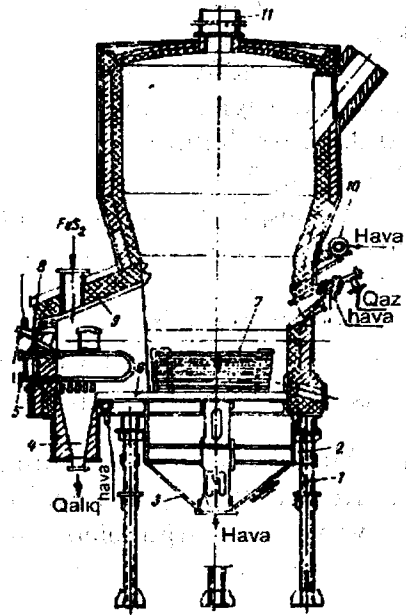
Kolçedanı toz halında yandıran sobalar. Bu tip sobalar quru kolçedanı toz halında yandırmaq üçün nəzərdə tutulmuşdur (şəkil 42). Soba polad silindrdən ibarətdir və içərisi odavamlı kərpiclə hörülmüşdür. Sobada temperatur 1100⁰S-yə qədər yüksəlir. Kolçedan yanığı bunkerə toplanır. Yanıqda yanmayan kükürdün miqdarı 1 – 1,5% olur.

Bu sobada kolçedanın yanması üçün lazım olan oksigen sobaya normadan artıq verilir. Ona görə də peç qazında kükürd qazının qatılığı 13%-ə çatır. Peç qazının istiliyindən istifadə etmək üçün o buxar qazanına göndərilir və onun istiliyindən su buxarı alınır.



Şəkil 42. Kolçedanı toz halında yandıran soba:

1-gövdə, 2-hörgü, 3-yağı qalığı üçün bunker, 4-kolçedan və hava forsunkası, 5-soyuducu ekran, 6-ələvə hava furlmaları.



Şəkil 43. Qaynar layda yandıran soba:

1-dirək, 2-üst örtük, 3-konus, 4-bunker, 5,7-soyuducu elementlər, 6-üfürmə şəbəkəsi, 8-forsun-kalar, 9-doldurucu kamera, 10-kollektor, 11-işlənmiş qazların çıxış yolu.

Kolçedanı toz halında yandıran sobalar öz quruluşuna görə həm sadədir, həm də intensivliyi böyükdür. Belə sobalarda hər $1m^3$ həcmdə 1 gündə 1000 kq kolçedan yandırmaq mümkündür.

Bu sobanın yeganə çatışmayan cəhəti odur ki, peç qazının tərkibində tozun miqdarı çox olur ($100 q/m^3$ -ə qədər) və flotasiya kolçedanının yaxşı qurumasını tələb edir.

Qaynar layda yandıran sobalar flotasiya kolçedanını, digər adi kolçedanları və kükürlü filizləri yandırmaq üçün quraşdırılır (şəkil 43).

Bu sobaların hər 1 m³ həcmində 1 gündə 1000-1800 kq kolçedan yandırmaq olar (1000-1800 kq/m³ gün).

Göründüyü kimi, qaynar layda yandıran sobaların məhsuldarlığı mexaniki rəfli sobaların məhsuldarlığından 10 dəfə, toz halında yandıran sobalarınkindən isə təxminən 2 dəfə böyükdür. Burada da peç qazının istiliyindən su buxarı almaq üçün istifadə edilir. Bu məqsədlə çənin su boruları qaynar lay içərisindən keçirilir. Bu zaman 1 ton yanan kolçedan hesabına 1 tondan çox su buxarı alınır. Sobada temperatur daim 800°S saxlanılır. Peç qazının tərkibində 12 – 15% SO₂, kolçedan yatağında isə 54% S olur. Sobanın çatışmayan cəhətləri aşağıdakılardır:

1. Alınan qaz tozla çirklənmiş olur;
2. Kolçedan parçaları eyniölçülü olmalıdır. Bu da əlavə iş və xüsusi qurğu tələb edir;
3. Enerji sərfi daha çoxdur.

Qazın tozlanma dərəcəsi yüksək olduğundan (10 – 300 q/m³), toz aparatı və turşunu çirkləndirir, katalizatoru zəhərləyir. Ona görə də peç qazını tozdan tamamilə təmizləmək lazım gəlir. Nitroz üsulu ilə sulfat turşusu alan zaman peç qazında tozun miqdarı 0,2 q/m³-dən, kontakt üsulunda isə 0,1 q/m³-dən çox olmamalıdır. Peç qazı tozdan mexaniki və elektrik üsulu, kontakt üsulunda isə yaş üsulla təmizlənir, yəni qaz sulfat turşusu içərisindən keçirilərək yuyulur.

Kolçedan yandıran sobaların xarakteristikası aşağıdakı cədvəldə (cədvəl 6) verilir.

Kolçedanın yandırılması zamanı 70%-ə qədər yanıq (Fe₂O₃) alınır ki, o da çuqun istehsalında istifadə olunur. Bu məqsədlə əvvəlcə onun tərkibində olan kükürd yandırılır və aqlomerasiya olunur.

Kolçedan yandıran sobaların müqayisəli xarakteristikası

Cədvəl 6.

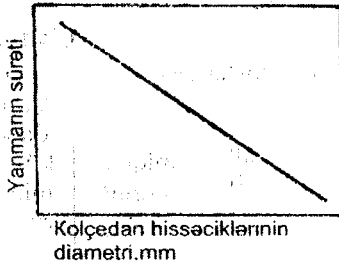
Sobanın növü	Sobanın göstəricisi				
	Məhsuldarlıq t/gün	İntensivlik kq/m ³ , gün	SO ₂ -nin qatılığı	Qazda tozun miqdarı: q/m ³ -lə	Yanığda kükdün miqdarı: %-lə
Mexaniki rəfli sobalar	35-50	200-250	8-10	10	1,8-2,5
Toz halında yandıran sobalar	100-200	1000-5000	10-13	~ 100	1-1,5
Qaynar layda yandıran sobalar	400	10000-20000	12-15	> 100	0,5

Kolçedanın yanma sürətinə təsir edən amillər

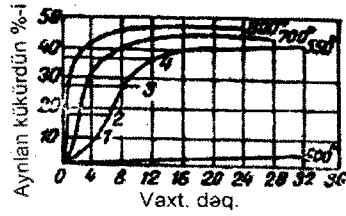
Kolçedanın yanma reaksiyası ekzotermik olduğu üçün proses zamanı külli miqdarda istilik ayrılır. Ayrılan istilikdən soba içərisində prosesin getməsi üçün istifadə edildiyindən sobaya kənardan istilik verilmir. Yalnız prosesin başlanğıcında temperatur rejimi yaranana qədər sobaya verilən hava qızdırılır.

Kolçedanın soba içərisində yanma prosesinin sürətinə, başqa sözlə sulfidli birləşmələrdən kükdün ayrılma sürətinə aşağıdakı başlıca amillər təsir göstərir:

1. Kolçedan parçalarının ölçüləri;
2. Temperatur;
3. Sobaya verilən hava, yaxud oksigenin miqdarı;
4. Kolçedanın kimyəvi və mexaniki tərkibi.



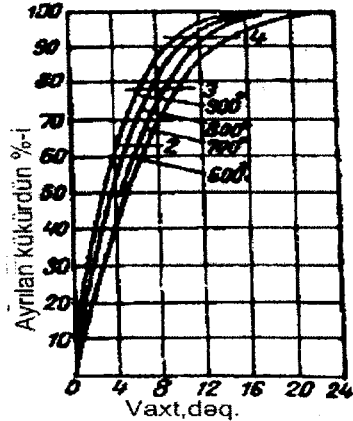
Şəkil 44. Kolçedan hissəciklərinin ölçüsünün yanma sürətinə təsiri.



Şəkil 45. FeS_2 -nin dissosiasiyası zamanı temperaturun kükürdün ayrılma sürətinə təsiri.

Kolçedanın tam və bütün hissələrinin eyni zamanda yanmasını təmin etmək üçün onların xırdalanmış parçalarının ölçüləri təxminən eyni (6 – 7 mm) olmalıdır. Belə olduqda kolçedan itkisinə yol verilmir və sobanın məhsuldarlığı yüksək olur. Kolçedan parçalarının ölçüləri göstərilən ölçü-dən böyük olduqda yanma sürəti azalır. Bunu qrafikdən də görmək olar (şəkil 44).

Sobada kolçedanın FeS_2 , yaxud digər sulfidli filizlərin yanma və disosiasiya proseslərinin sürəti temperaturun yüksəlməsi ilə artır. FeS_2 -nin yanma sürətini artırmaq üçün qaz qarışığı içərisində olan oksigenin miqdarını artırmaq lazımdır. Eyni vaxt ərzində temperatur artdıqda kükürdün ayrılma sürəti də artır. Yəni az vaxt içərisində ayrılacaq kükürdün miqdarını artırmaq üçün kolçedanı yüksək temperaturda yandırmaq la-

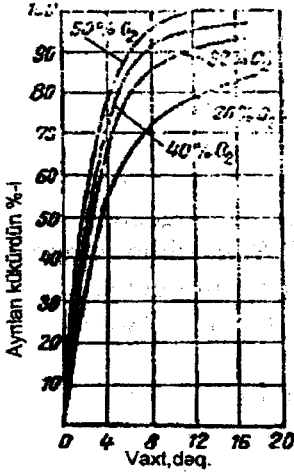


Şəkil 46. FeS -in yanması zamanı kükürdün ayrılma sürətinə temperaturun təsiri

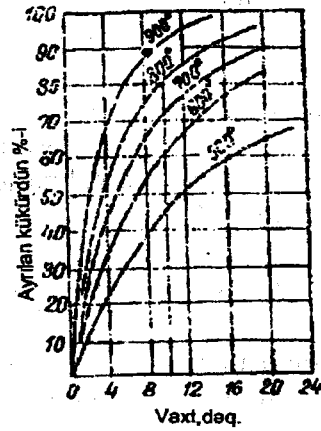
zımdır.

FeS_2 -nin dissosiasiyası və yanmasına, həmçinin FeS -in yanmasına temperatur və qaz qarışığında olan oksigenin miqdarının təsiri aşağıdakı qrafiklərlə ifadə olunur (şəkil 45 – 48).

Tam yanmanı təmin etmək üçün texnoloji xammal kimi peçlərə verilən havanın miqdarı, peçin tipindən və iş



Şəkil 47. Kolçedanda olan kükürdün yanma sürətinə peçə daxil olan qaz qarışığının içəri-sindəki oksigenin təsiri



Şəkil 48. FeS_2 -nin yanması zamanı kükürdün ayrılma sürətinə temperaturun təsiri

şəraitindən asılı olaraq stexiometrik miqdara nisbətən 125 – 160% götürülür. Yanma nəticəsində alınan qaza peç qazı, yaxud yanğı qazı deyilir.

Bu qazın tərkibi xammalın tərkibindən, peçin quruluşundan və iş rejimindən asılı olaraq müxtəlif olur.

Qazdakı oksigen SO_2 -ni SO_3 -ə oksidləşdirmək üçün sərf olunur. Oksigenin və SO_2 -nin qaz içərisindəki nisbəti (SO_3 - nəzərə alınmadan) aşağıdakı formulla hesablanır:

$$C_{O_2} = n - \left[m - \frac{n(m-1)}{100} \right] \cdot C_{SO_2} \quad (78)$$

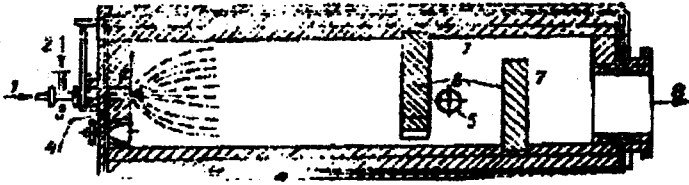
Burada: C_{O_2} və C_{SO_2} , qaz qarışığındakı oksigen və kükürd qazının %-lə qatılığı, m – reaksiyaya daxil olan oksigen molekulları sayının SO_2 molekullar sayına nisbəti; n – yanmaya daxil olan və havada olan oksigen və azot-oksigen qarışığının faizlə miqdarıdır.

Sobadan çıxan yanğı qalığı əsasən Fe_2O_3 -dən ibarətdir. Onun tərkibində az miqdar Fe_3O_4 , yanmamış FeS , FeS_2 , SO_2 , sulfat birləşmələri və s. olur.

Kolçedan sobada yanarkən bəzi qarsaqulanma prosesi əmələ gəlir. Bunun səbəbi ərimə temperaturu aşağı olan evtektik qarışığın əmələ gəlməsidir. Bu onu göstərir ki, qarışığın içərisində FeS vardır, çünki FeS -in ərimə temperaturu $1170^{\circ}S$ olduğu halda $FeS - FeO$ sisteminin evtektik nöqtəsi $940^{\circ}S$ -dir. Qarsaqulanma çox vaxt $900 - 1000^{\circ}S$ -də əmələ gəlir.

Alınan peç qazının tərkibi yandırılan kolçedanın mexaniki və kimyəvi tərkibindən asılı olur. Flotasiya və kömür kolçedanı yuxarı kameralarda yanan zaman temperatur şiddətlə yüksələ bilər. Bu isə qarsaqulanma prosesinin baş verməsinə səbəb olur. Bunu nəzərə alaraq kolçedanın sürətlə yanması nəticəsində temperaturun çox yüksəlməsinə (qarsaqulanma temperaturuna qədər) yol vermək olmaz. Bu məqsədlə yuxarı kameraların birinə əlavə hava verilir. beləliklə, temperaturu lazım olan səviyyədə saxlamaq mümkün olur.

Yuxarı kameralarda temperaturun yüksək olmasının əsas səbəbi flotasiya kolçedanının ölçülərinin kiçik olması, kömürlü kolçedanda isə kömürün olmasıdır. Proses zamanı kömür yanaraq zərərsiz CO_2 -ə çevrilir və peç qazı ilə birlikdə xaric olur.



*Şəkil 49. Kükürdü səpələnmiş halda yandıran
forsunkalı soba:*

*1-kükürd, 2-sıxılmış hava, 3-forsunka, 4,5-hava,
6-arakəsmə, 7-yanma kamerası, 8-peç qazı.*

Kükürdün yandırılması. Kükürdün yanması nəticəsində alınan kükürd qazının qatılığı peç qazı içərisində 12 -14%-ə çatır.

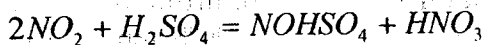
Belə qaz tozdan tamamilə azad olur. Ona görə də kükürdün yandırılmasından alınan kükürd qazından kontakt üsulu ilə sulfat turşusu istehsal olunur. Təmizlənmiş kükürdü yandırmaq üçün forsunkalı sobalardan istifadə edilir (şəkil 49). Bu məqsədlə yandırmazdan qabaq kükürd su buxarı ilə əridilir. (Kükürdün ərimə temperaturu 119°S -dir). Maye kükürd-forsunka (3) vasitəsilə sobanın yanma zonasına verilir (7). Forsunkaya eyni vaxtda sıxılmış hava da verildiyindən kükürd maye halda yanma zonasına səpələnir və verilən hava ilə tamamilə qarışır. Yanma zonasında kükürd buxarlanır və yanır (kükürdün qaynama temperaturu 444°S -dir). Sobada $800 - 1000^{\circ}\text{S}$ temperatur olur. Qatışıqlı kükürdü yandırmaq üçün fırlanan barabanlı və əksetdirici sobalardan istifadə olunur.

Sulfat turşusunun nitroz üsulu ilə istehsalı

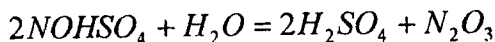
Bu üsul kükürd qazının azot oksidləri ilə oksidləşib, su ilə sulfat turşusuna çevrilməsinə əsaslanır. Azot oksidləri prosesdə həm oksidləşdirici, həm də katalizator rolunu oynayır. Nitroz üsulu ilə sulfat turşusunun istehsalı tətbiq

olunan qurğuların quruluşundan asılı olaraq iki cür olub, kamera və qüllə üsullarına bölünür. Kamera üsulunda işlə-nən qurğular düzbucaqlı formada olur. Kameraların həcmi böyük olur və içərisini örtmək üçün qiymətli metal olan qurğuşundan istifadə olunur. Digər tərəfdən alınan turşu-nun qatılığı 65 -70%-dən çox olmur. Qurğunun intensivliyi də aşağı olur ($8 - 10 \text{ kq/m}^3 \cdot \text{gün}$).

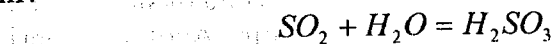
Ona görə də hazırda kamera üsulundan istifadə edil-məyib, daha mütərəqqi üsul hesab edilən qüllə üsulundan istifadə edilir. Qüllə üsulu ilə turşu istehsal edən qurğular silindr formalı qüllələrdən ibarət olur. Qüllələrin intensiv-liyi $150 - 250 \text{ kq/m}^3 \cdot \text{gündür}$. Bu qurğular qüllələrin sayı ilə bir-birindən fərqlənir. Qüllələrin sayını artırmaqda məq-səd prosesin əvvəlində nisbətən dərin denitrasiya aparıb azot oksidlərini ayırmaq, sonunda isə azot oksidlərinin mümkün qədər tam udulmasını təmin etməkdir. Qüllələr politermik rejimdə ideal yerdəyişmə prinsipi üzrə işləyir. Qazın temperaturu birinci qülləyə daxil olanda 350°S olur. Qüllələrdə bir sıra absorbsiya-desorbsiya prosesləri gedir ki, bu da mürəkkəb kimyəvi çevrilmələrlə nəticələnir. Birinci iki-üç qüllədə nitroz qazları sulfat turşusu ilə suvarılır və nəticədə nitrozil sulfat NOHSO_4 alınır. Yüksək tempera-turda nitrozilsulfat hidrolizə uğrayır. Baş verən əsas reak-siyalar aşağıdakı tənliklərlə ifadə olunur:



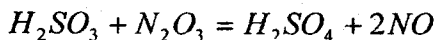
Nitrozil sulfat hidroliz olunduqda sulfat turşusu və azot oksidləri alınır:



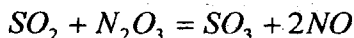
SO_2 su ilə absorbsiya olunaraq sulfid turşusuna çevri-lir.



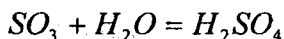
Alınan sulfat turşusu azot oksidləri ilə maye fazada reaksiyaya daxil olur:



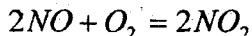
Qaz fazada SO_2 qismən SO_3 -ə oksidləşir.



SO_3 də su ilə absorbsiya olunaraq sulfat turşusuna çevrilir:



Azot 2-oksidi desorbsiya olunaraq qaz fazaya keçir və azot 4 – oksidə qədər oksidləşir:



Göstərilən reaksiyaları ümumi halda bir tənliklə ifadə etmək olar:



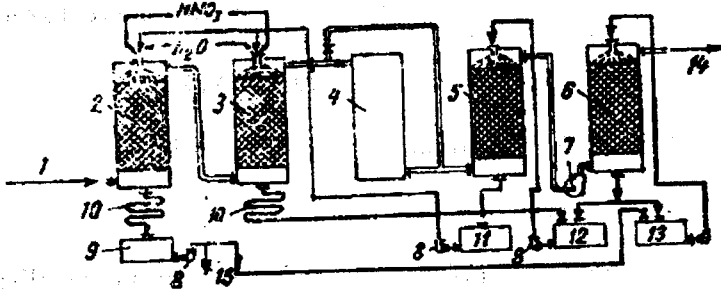
NO havanın oksigeni ilə oksidləşərək NO_2 tərkibdə yenidən reaksiyaya daxil olur.

Reaksiyalardan görünür ki, nitroz üsulu ilə sulfat turşusu istehsal olunan zaman üç əsas proses gədir:

1. Nitroz ilə SO_2 -nin qarşılıqlı təsiri nəticəsində SO_2 -nin sulfat turşusuna çevrilməsi. Nəticədə NO ayrılır. Proses məhsul qüllələrində gədir.
2. Azot 2-oksidi NO_2 -ə oksidləşməsi.
Bu proses SO_2 -nin tamamilə oksidləşməsindən sonra başlanır və bütün qüllələrdə davam edir.
3. Azot oksidlərinin sulfat turşusu ilə udularaq nitroz əmələ gətirməsi. Proses absorbsiya qüllələrində gədir.

Nitroz üsulu ilə sulfat turşusu istehsal edən qurğunun prinsiplial texnoloji sxemi aşağıdakı kimidir (şəkil 50).

Qurğuda proses aşağıdakı kimi gədir. Əsas tərkibi kükürd qazı və azot oksidlərindən ibarət olan peç qazı (1) təmizləndikdən sonra birinci məhsul qülləsinə (2) verilir. Bu



Şəkil 50. Nitroz üsulu ilə sulfat turşusu istehsal
edən qurğunun sxemi:

1-peç qazı, 2,3-məhsul qüllələri, 4-oksidləşmə qülləsi, 5,6-absorbsiya
qüllələri, 7-ventilyator, 8-mərkəzdənqaçma nasoslari, 9-məhsul yığıcısı,
10-soyuducular, 11-qatı nitroz yığıcısı, 12,13-zəif nitroz yığıcıları,
14-tullantı qazları, 15-hazır məhsul (75-77%-li H_2SO_4)

qüllə və ikinci məhsul qülləsi (3) su, nitrat turşusu və qatı nitrozla yuxarıdan suvarıldıqları üçün aşağıdan daxil olan peç qazı effektivlə absorbsiya olunur. Bu zaman aşağı azot oksidləri qismən yuxarı azot oksidləinə oksidləşdiklərinə görə sulfat turşusu ilə yaxşı udulur. Alınan turşu soyuducuları (10) keçərək məhsul yığıcısına (9) toplanır. 75 - 77%-li turşunun bir qismi (15) qatılaşmaya, digər qismi isə mərkəzdənqaçma nasosu (8) vasitəsilə zəif nitroz yığıclarına (12, 13) göndərilir. Oradan da nasoslar (8) vasitəsilə məhsul (2,3) və absorbsiya qüllələrini (5,6) suvarmaq üçün istifadə olunur. Absorbsiya olunmayan qaz qarışığı oksidləşmə qülləsinə (4) daxil olur. Oksidləşmə prosesi qaz fazada gedir.

Ona görə də NO -nun NO_2 -ə oksidləşmə prosesi yüksək təzyiqdə daha sürətli gedir. Başqa homogen sistemlərdən fərqli olaraq NO -nun NO_2 -ə oksidləşmə sürəti temperaturun artması ilə azalır (ən azı üç dəfə). Bu səbəbdən də temperaturun yüksəlməsinə proses zamanı yol verilmir. Nitroz qazları absorbsiya olunmaq üçün absorbsiya qüllələrinə (5,6) daxil olur. Təzyiqi işçi səviyyədə saxlamaq üçün qaz

qarışığı birinci absorbsiya qülləsindən (5) ikinci absorbsiya qülləsinə (6) ventilyatorun (7) köməyilə verilir. Bu qüllələrdə azot oksidlərinin absorbsiyası qazın verilmə sürətindən, suvarma sıxlığından, sulfat turşusunun qatılığından və temperaturdan asılı olur. Temperatur azaldıqda absorbsiya sürəti də azalır. Absorbsiya qüllələrindən alınan sulfat turşusu zəif nitroz adı ilə yığıcılara (11-13) toplanır.

Turşu ilə udulmayan azot oksidləri qalan peç qazı ilə birlikdə axırncı absorbsiya qülləsindən (6) atmosfərə buraxılır (14). Bu absorbsiya qülləsinə yığıcıdan (9) veriləcək sulfat turşusu əvvəlcə zəif nitrozla yığıcıda (13) qarışır və mərkəzdənqaçma nasosu (8) vasitəsilə absorberə verilir. sulfat turşusu ilə tutulan azot oksidləri nitrozil sulfat turşusu $NOHSO_4$ əmələ gətirir ki, bəzə də sulfat turşusunda həll olur. Alınan məhlul zəif nitroz yığıcılarında (12, 13) toplanır. Zəif nitroz (12) ikinci məhsul qülləsindən (3) verilən sulfat turşusu ilə qarışır, nasos vasitəsilə birinci absorbsiya qülləsinə (5) yuxarı tərəfdən səpələnmiş halda verilir. Alınan nitroz udulan azot oksidləri vasitəsilə daha da qatılaşır və qatı nitroz yığıcısını (11) keçməklə, nasos vasitəsilə məhsul qüllələrinə verilir. Bu qüllələrdə kükürd qazından sulfat turşusu alınır.

Azot oksidləri elə burada nitrozdən ayrılır, qalan aparatlarda gedən proseslərdə yenidən iştirak edir. Bu oksidlər qurğuda müəyyən qədər itki ilə dövrən edir.

Proseslərin müntəzəmləşməsi üçün qüllələrə yuxarı tərəfdən fasiləsiz olaraq nitrat turşusu və su verilir.

Nitroz üsulu ilə bir gündə hər $1m^3$ sistem üçün 200 kq sulfat turşusu alınır. Buna prosesin intensivliyi deyilir. Bu intensivliyi əldə etmək üçün peç qazında SO_2 -nin qatılığı yüksək olmalı, məhsul qüllələri qatı nitrozla suvarılmalı, məhsul zonasında yüksək temperatur olmalı, absorbsiya qüllələrində sulfat turşusunun və qazların temperaturu mümkün qədər aşağı olmalı və qüllələr tam suvarılmalıdır.

Hazırda hər gün $1m^3$ qüllə sistemində 200 kq-dan çox turşu alınır. Kükürdün çevrilmə əmsalı 95% təşkil edir. 1 t

100%-li H_2SO_4 almaq üçün 10-12 t 100%-li HNO_3 sərf olunur. 1 t H_2SO_4 üçün su sərfi $50 m^3$, elektrik enerjisi 50 kV/saat, tərkibində 45% kükürd olan kolçedan 790-810 kq təşkil edir. Üsulun əsas çatışmayan cəhətləri: sulfat turşusunun qatılığı 75%-ə qədər olur; təmiz olmur; SO_2 -ni oksidləşdirmək üçün azot oksidləri prosesə tam qaytarılmır.

Tullantı qazlarının tərkibində azot oksidlərinin miqdarı nisbətən çox olur ki, bu da ətraf mühiti çirkləndirir. Bunun qarşısını almaq üçün tullantı qazları xüsusi yuyucu skrubberlərdə qatı sulfat turşusu ilə yuyulur. Bu yolla azot oksidlərinin miqdarı tullantı qazlarında sanitariya normalarına qədər azalır.

Azot oksidləri insan orqanizminə, birki və heyvanlar aləminə çox zərərli təsir göstərdiyindən, hazırda ölkəmizdə nitroz qurğularının qurulması dayandırılmışdır. Lakin bu üsulla sulfat turşusu istehsal edən köhnə qurğular hələ də fəaliyyət göstərir.

Nitroz qurğularının əsas aparatları məhsul, oksidləşmə və absorbsiya qüllələridir. Bu qüllələrin quruluş və iş prinsipləri aşağıda verilir.

Məhsul qüllələri. Bu qüllələrin diametri 4-7m, hündürlüyü 16 -17 m-dir. Məhsul qüllələri silindr formasında poladdan hazırlanır. Gövdə divarlarının qalınlığı 6 mm olmasına baxmayaraq içəridən turşuyadavamlı kərpiclə hörülür. Hörgünün qalınlığı 250-450 mm olur. İçəridən hörgü hörməkdə məqsəd poladı nitrozun təsirindən qorumaqdır. Məhsul qüllələrində əsasən turşunun alınması və azot oksidlərinin nitrozdən ayrılması prosesləri gedir. Ona görə də bu qüllələrə denitrasiya qüllələri deyilir.

Tərkibində SO_2 olan peç qazı tozdan təmizlənir və məhsul qülləsinə aşağıdan daxil olur. Yuxarı qalxan peç qazı yuxarıdan səpələnən və nitrozun hidrolizi nəticəsində alınan yüksək azot oksidləri ilə qarşılaşır və maye fazada sulfat turşusuna çevrilir. Alınan turşunun qatılığı 75-77% olur.

Bu turşu qüllənin aşağısından 120 – 130^oS temperaturda xaric olur, soyuducuda soyuyur və qatılaşmağa göndərilir. Peç qazının qalan hissəsi 110 – 120^oS temperaturda qüllənin yuxarisından xaric olaraq ikinci məhsul qülləsinə daxil olur. Bu qüllədə də SO_2 -nin turşuya çevirmə prosesi birinci qüllədə olduğu kimi gedir. Qülə içərisində peç qazının maye ilə toxunma səthini artırmaq məqsədilə onun içərisi saxsı həlqələrlə doldurulur. Həlqələr qülle içərisində nizamla yığılır və qüllənin yuxarı hissəsində həlqələrin ölçüsü kiçik götürülür. Bu da yuxarı hissədə həlqələr sayının artmasına səbəb olur. Qüllənin yuxarı hissəsində SO_2 -nin qatılığı azaldığından həlqələrin sayının artması toxunma səthinin artmasını təmin edir. Aşağı hissədə saxsı həlqələrin ölçüsü 80 × 80 mm, yuxarı hissədə 50 × 50 mm olur.

Nitrozun denitrasiya sürəti temperaturdan və nitroz əmələ gətirən sulfat turşusunun qatılığından asılıdır. Müəyyən edilmişdir ki, sulfat turşusunun qatılığı 75-77%-dən artıq, temperatur 100 – 120^o-dən az olduqda denitrasiya sürəti kəskin azalır. Turşunun qatılığını və temperaturu sabit saxlamaq üçün yuxarıdan verilən sudan istifadə edilir. Su elə sürətlə verilir ki, həm sulfat turşusunun qatılığı, həm də onun suda həll olması nəticəsində ayrılan istilik hesabına temperatur lazım olan səviyyədə saxlanılır.

Kükürd qazının əsas hissəsi birinci məhsul qülləsində turşuya çevrildiyi üçün nitrozun çox hissəsi bu qülləyə verilir. Qurğudan ayrılan turşunun içərisində N_2O_3 -ün miqdarı 0,03%-dən arlıq olmur. Prosesdən aydın olur ki, məhsul qülləsi denitrator funksiyasını yerinə yetirməklə yanaşı, konsentrator və soyuducu rolunu da oynayır. Məhsul qülləsinin hər m³ həcmində bir gündə 200 – 250 kq sulfat turşusu istehsal olunur.

Oksidləşmə qülləsi. Oksidləşmə qüləsinin funksiyası aşağı azot oksidlərini oksidləşdirib yüksək azot oksidlərinə çevirməkdən ibarətdir. Oksidləşmə prosesi müəyyən vaxt və

həcm tələb etdiyi üçün qüllənin içərisi heç bir materialla doldurulmur. Proses nisbətən aşağı temperaturda gedir. Məhsul qülləsindən xaric olan peç qazı 60-80^oS temperaturda oksidləşmə qülləsinin yuxarisından daxil olur, hər tərəfə yayılır və qüllənin aşağısına doğru hərəkət edir. Aşağı azot oksidləri 50 – 60^oS temperaturda sürətlə yüksək azot oksidlərinə oksidləşir və 90^oS temperaturda qüllədən xaric olur. Bu qüllələr poladdan hazırlanır. Qüllənin diametri 2,5 m, hündürlüyü 14 – 15 m olur.

Absorbsiya qüllələri. Bu qüllələr quruluşa məhsul qüllələrinə oxşayır. Lakin içərisi heç bir materialla örtülmür. Qüllədə azot oksidləri sulfat turşusu ilə absorbsiya olunur və temperatur aşağı olduğu üçün az miqdarda aşağı azot oksidləri yüksək azot oksidlərinə oksidləşir. Absorbsiya qüllələri iki ədəd olur və bir-birilə ardıcıl birləşdirilir. Sulfat turşusu ilə udulan azot oksidləri nitroza çevrilir. nitrozun alınmasında məhsul qüllələrindən xaric olan sulfat turşusundan və oksidləşmə qülləsində alınan yüksək azot oksidlərindən istifadə edilir.

Temperatur aşağı və yuxarıdan səpələnən sulfat turşusunun qatılığı çox olduqca nitrozun əmələ gəlməsi sürətli olur. Son vaxtlar absorbsiya prosesini sürətləndirmək üçün qüllələrin içərisi kvars parçaları, yaxud koks ilə doldurulur və əks-axın prinsipindən istifadə edilir.

Absorbsiya üçün optimal şərait temperaturun 35-40^oS, sulfat turşusunun qatılığının 75 -77% olması hesab edilir. Bu temperaturu əldə etmək üçün qülləyə verilən turşu soyuducuda soyudulur. Əks halda, yüksək temperaturda alınan nitroz yenidən parçalanır.

İkinci qüllədən alınan nitrozun içərisində 0,6% -ə qədər N_2O_3 olduğundan o zəif nitroz, birinci qüllədən alınan nitrozda isə 6%-ə qədər N_2O_3 olduğuna görə o qatı nitroz adlanır. İkinci qüllədən atmosfərə buraxılan qazlar içəri-

sində azot oksidlərinin miqdarı 0,3%, oksigenin miqdarı isə 7-8% olur.

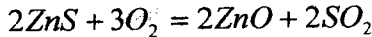
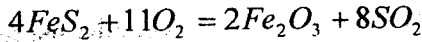
Sulfat turşusunun kontakt üsulu ilə istehsalı

XIX əsrin axırlarından başlayaraq sulfat turşusu kontakt üsulu ilə alınır. Bu üsul nitroz üsulu ilə müqayisədə böyük üstünlüklərə malik olduğundan tez bir zamanda geniş yayıldı. Hazırda kontakt üsulu sulfat turşusu istehsalının əsas üsulu hesab edilir. Dünyada istehsal olunan sulfat turşusunun 70%-dən çoxu bu üsulla alınır.

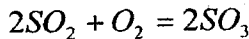
Kontakt üsulu ilə sulfat turşusu istehsal etdikdə peç qazını tozdan və digər qarışıqlardan dəqiq təmizləmək lazım gəlir. Kontakt aparatlarına daxil olan qazların nəm olması aparatda SO_3 ilə su arasında gedən reaksiya hesabına duman alınmasına, qaz atmosfərə ötürüldükdə ətraf mühitin çirklənməsinə və kükürd itkisinə səbəb olur. As_2O_3 -ün qarışıq kimi kontakt aparatına daxil olması nəticəsində katalizator dərhal zəhərlənir və öz aktivliyini itirir. Bunun qarşısını almaq üçün peç qazı 300 – 400^oS-də elektrik süzğəclərində təmizləndikdən sonra yuyucu qüllədə 30%-li sulfat turşusu ilə 40^o-də yuyulur. Soyudulmuş peç qazı *As* və *Se* birləşmələrindən qismən azad olur. Sonra daha iki süzğəc qurğusundan keçirilən peç qazı qarışıqlardan tamamilə təmizlənir. Peç qazı 97-87%-li sulfat turşusu ilə suvarılan qüllədə nəmədən azad olur. Peç qazında qalıq nəm 0,2 q/m³-dən artıq olmur. Beləliklə, alınmış təmiz və quru peç qazı içərisindəki kükürd 4 - oksidin kükürd 6 - oksidə oksidləşməsi üçün qurğunun kontakt aparatına verilir.

Kontakt üsulu ilə sulfat turşusu istehsalı üç mərhələdə başa çatır:

1. Pirit və ya digər kükürlü filizlər müvafiq sobalarda yandırılaraq peç qazına çevrilir. Peç qazının tərkibində 9 – 12% kükürd qazı olur:



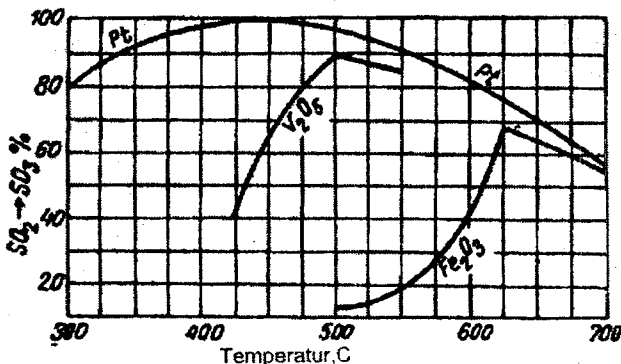
2. Alınmış peç qazı təmizləndikdən və qurudulduqdan sonra kontakt aparatına verilir və platin, yaxud V_2O_5 katalizatoru iştirakında kükürd qazı kükürd 6-oksida oksidləşir.



Bu prosesin tam və sürətli getməsi əsasən katalizator və temperaturdan asılıdır. Proses zamanı katalizator kimi Fe_2O_3 -də götürülə bilər. Bu, pirit yandıran peçlərdə tullantı kimi alındığından çox ucuz hesab edilir.

Lakin çox yüksək temperaturda təxminən 630-635^oS-də aktivliyindən izafi enerji sərfinə səbəb olur. Ona görə də əksər aparatlarda V_2O_5 , yaxud platindən istifadə edilir.

Aşağıda müxtəlif katalizatorlar tətbiq etməklə kükürd 6-oksidin alınma əyriyələri verilir (şəkil 51).

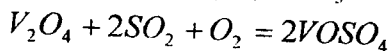
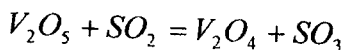


Şəkil 51. Müxtəlif katalizatorların SO_2 -nin çevrilmə dərəcəsinə təsiri.

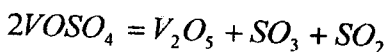
Platin bunlardan ən aktividir. O, nisbətən aşağı temperaturda (425^oS) aktivləşir və SO_2 -nin 98%-ni SO_3 -ə qədər oksidləşdirir. Katalizator kimi Pt götürdükdə peç qazının daha dəqiq təmizlənməsi tələb olunur. Digər tərəfdən platin bahadır və qatışıqların təsirindən onun aktivliyi kəskin sürətdə azalır.

Hazırda ən çox işlənən katalizator vanadium 5-oksiddir. Onun aktivləşmə temperaturu 510 – 512^oS-dir və SO_2 -nin 90%-ni SO_3 -ə çevrilir. Qələvi-metal oksidləri əlavə etməklə bu katalizatorun aktivliyini artırmaq və kontakt dərəcəsini 98%-ə çatdırmaq olur. İndi sulfat turşusu istehsalında $V_2O_5 \cdot Na_2O \cdot SiO_2$ tərkibli katalizatorlardan geniş istifadə edilir.

V_2O_5 katalizatoru iştirakında SO_2 -nin SO_3 -ə oksidləşməsinin prinsipial sxemini aşağıdakı reaksiyalarla göstərmək olar:



Aralıq birləşmə olan vanadilsulfat $VOSO_4$ temperaturun təsiri ilə parçalanır:



Katalizator yenidən prosesdə iştirak edir. Göstərilən reaksiyalar katalizatorun səthində baş verir. Oksidləşmə prosesində oksigenin artıq götürülməsi prosesə müsbət təsir edir.

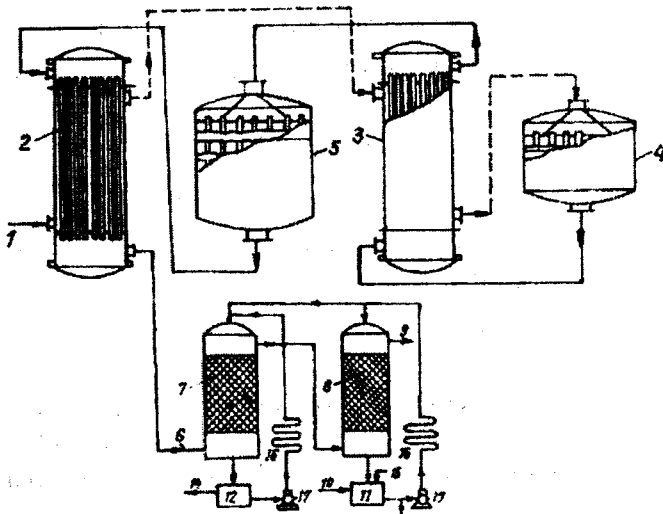
Ona görə də peç qazı sənayedə aşağıdakı tərkibdə götürülür: 7,5 – 8% SO_2 , 10 – 11% O_2 . Optimal temperatur 410^oS, kontakt müddəti 4 san. hesab edilir.

Belə halda SO_2 -nin SO_3 -ə çevrilmə dərəcəsi 95%-ə çatır. Bu iş istehsalatın tələbatını ödəyir. Havanın göstərilən

miqdardan artıq götürülməsi aparatların həcmnin böyük olmasını tələb edir və kontakt prosesinin temperatur rejimini pozur.

3. Sulfat anhidridinin absorbsiya olunaraq sulfat turşusuna çevrilməsi prosesi absorbsiya qüllələrində aparılır. Burada istifadə olunan əsas aparatlar oleum və monohidrat absorberləridir. Bu absorberlərdə sulfat anhidridini absorbsiya etmək üçün qatı sulfat turşusundan, yaxud azeotrop qarışıqdan (98,3% H_2SO_4 və 1,7% H_2O) istifadə edilir. Temperaturun yüksək olması absorbsiya prosesinə mənfi təsir etdiyi üçün proses 50-55°C-də aparılır. Absorberə verilən kükürd 6-oksüd və sulfat turşusu əvvəlcədən soyudulur.

Kontakt üsulu ilə sulfat turşusu istehsal edən qurğunun sxemi aşağıda verilir (şəkil 52).



Şəkil 52. Kontakt üsulu ilə sulfat turşusu istehsal edən qurğunun sxemi:

1-peç qazı, 2,3-birinci və ikinci istilikdəyişdirici aparatlar, 4,5 – birinci və ikinci kontakt aparatları, 6 – kükürd 6- oksid, 7- oleum absorberi, 8-monohidrat absorberi, 9-tullantı qazlar, 10-işlənmiş turşu, 11-monohidrat yığıcısı, 12 - oleum yığıcısı, 13 - monohidrat sulfat turşusu, 14-oleum, 15-su, 16-soyuducular, 17-mərkəzdənqaçma nasosları.

Bu qurğu iki hissədən ibarətdir: 1. kükürd 4-oksidi kükürd 6-oksida çevirən kontakt qurğusu; 2. kükürd 6-oksidi absorbsiya edən absorbsiya qurğusu.

Kontakt qurğusu iki istilikdəyişdiricidən və iki kontakt aparatından, absorbsiya qurğusu isə iki absorberdən, iki yığıcıdan və soyuduculardan ibarətdir.

Peç qazı prosesə verilməzdən əvvəl tozdan, arsen və selen birləşmələrindən təmizlənmək üçün yuyucu qüllələrdə yuyulur, elektrik süzgəclərindən keçirilir, quruducu qüllələrdə qurudulur. Bu proseslərdən sonra 30 – 40⁰S - ə qədər soyuyan peç qazı (1) kənarında temperatur rejiminə qədər qızdırılır.

50 – 60⁰S-ə qədər kənarında qızdırılan qaz qızdırıcını keçmədən birinci istilikdəyişdiriciyə (2) daxil olur. Prosesdən alınan SO₃-ün istiliyi hesabına istilikdəyişdiricidəki borular arasından keçəndə 270-300⁰S-yə qədər qızır, sonra temperaturunu daha da artırmaq üçün ikinci istilikdəyişdiriciyə (3) daxil olur. Bu qurğuda peç qazı SO₃ + SO₂ qaz qarışığının istiliyi hesabına 450⁰S-ə qədər qızır. Bu temperaturda birinci kontakt aparatına (4) daxil olan peç qazı vanadium katalizatoru ilə görüşür. Prosesdə peç qazının tərkibində olan kükürd qazının 70-75%-i kükürd 6-oksida çevrilir. Birinci kontakt aparatında ekzotermik reaksiya hesabına temperatur 580 – 600⁰S -yə qədər yüksəlir. Qaz qarışığı öz istiliyini qaz peçinə vermək üçün ikinci istilikdəyişdiriciyə (3) qaytarılır. Orada qaz 430 – 440⁰S-yə qədər soyuyur. Oksidləşməyən kükürd qazını oksidləşdirmək məqsədilə qaz qarışığı ikinci kontakt aparatına (5) daxil olur. Rəfdə olan katalizatorla görüşür və beləliklə peç qazında olan kükürd qazının 99%-dən çoxu kükürd 6-oksida çevrilmiş olur. İkinci kontakt aparatında (5) 450 – 470⁰S-yə qədər qızan reaksiya məhsulu birinci istilikdəyişdiricini (2) keçməklə kontakt qurğusuna daxil olan peç qazını qızdırır, özü isə 200⁰S-yə qədər soyuyur. Bu temperaturda o absorbsiya

qurğularına daxil olur. Temperaturun yüksək olması absorbsiya prosesinə mənfi təsir etdiyi üçün reaksiya məhsulunu mütləq 30-40^oS-yə qədər soyutmaq lazım gəlir. SO₃ absorbsiya qüllələrinə yalnız bundan sonra verilir. Absorbsiya üçün qatı sulfat turşusu ilə sulfat anhidridinin azeotrop qarışığından istifadə edilir. Çox hallarda sulfat anhidridi əvəzinə 1,7%-ə qədər su götürülür.

İçərisində 7-8% sulfat anhidridi olan qaz (6) əvvəlcə oleum absorberinə (7) verilir və burada yuxarıdan səpələnən sulfat turşusu ilə absorbsiya olunur. Əks-axın prinsipindən istifadə edildiyi üçün absorberə verilən sulfat anhidridinin əsas hissəsi turşuya çevrilir. Absorbsiya olunmayan kükürd 6-oksid monohidrat absorberində (8) turşuya çevrilir. Absorbsiya olunmayan və sulfat anhidridindən azad olan qazlar tullantı kimi atmosfərə ötürülür (9). Absorberi suvarmaq üçün qatılığı 94-95% olan işlənmiş sulfat turşusundan (10) istifadə edilir. Bu məqsədlə absorberdən (8) ayrılan turşu, işlənmiş turşu (10) və su (15) monohidrat yığıcısında (11) toplanır. Məhsulun bir qismi hazır monohidrat sulfat turşusu kimi (13) istehsalata göndərilir, digər hissəsi isə mərkəzdənqaçma nasosu (17) vasitəsilə soyuducunu (16) keçir və absorberləri (7, 8) suvarmaq üçün istifadə olunur. Oleum absorberində alınan qatı turşunun da bir qismi (14) hazır məhsul kimi işlənir, digər qismi isə oleum yığıcısından (12) nasos vasitəsilə (17) götürülərək yuxarıdan oleum absorberini (7) suvarır. Absorbsiya prosesini tam aparmaq üçün absorberlərə verilən turşular soyuducularda (16) 40-45^oS-yə qədər soyuyur.

Oleum absorberində onun qatılığı getdikcə artdığından ona müəyyən miqdar monohidrat əlavə olunur.

Sistemə daxil olan kükürd 6-oksidin 80%-i oleum absorberində, qalanı isə monohidrat absorberində udulur. Absorbsiya prosesi monohidrat absorberində daha sürətlə gedir.

İstehsalat şəraitində SO_3 -ün ümumi absorbsiyası təxminən 99%-ə yaxın olur.

Poladdan hazırlanmış silindr formalı bu absorberlər içəri tərəfdən turşuyadavamlı kərpiclə hörülür və toxunma səthinin artırılması üçün saxsı halqalarla doldurulur.

Kontakt aparatları. Kontakt üsulu ilə sulfat turşusunun istehsal qurğusunun əsas aparatları kontakt aparatlarıdır. Kontakt aparatları poladdan hazırlanıb, daxili quruluşları etibarilə bir-birinə oxşayır, yalnız ölçüləri ilə fərqlənir. Hər ikisinin diametri 2,1 m, birincinin hündürlüyü 2,5 m, ikincininki isə 3,1 m olur.

Toxunma səthinə artırmaq üçün katalizator aparata kontakt kütlə halında doldurulur.

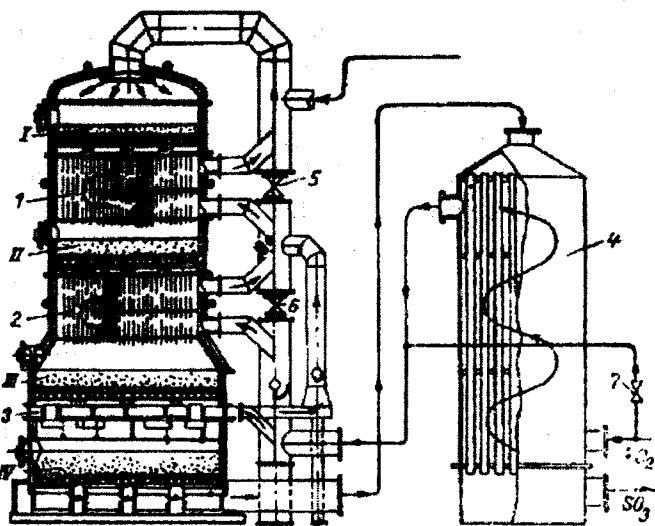
İkinci kontakt aparatında temperatur aşağı olduğundan oksidləşmə prosesi yavaş gedir. Ona görə də bu aparatda prosesi sürətləndirmək üçün katalizator birinci kontakt aparatında olduğundan iki dəfə çox götürülür. Ümumiyyətlə katalizatorun miqdarı bir gündə istehsal olunan sulfat turşusunun miqdarından asılı olaraq götürülür. Orta hesaba bir ton monohidrat sulfat turşusu üçün 30-40 kq vanadium katalizatoru işlənir. Qazın kontakt aparatındakı sürəti 1 m/san təşkil edir.

Hazırda 4 – 5 katalizator qatı olan kontakt aparatından istifadə olunur. Belə aparatların məhsuldarlığı 360 t/gün, çevrilmə dərəcəsi 98-98,5 % olur.

Sulfat turşusu istehsal etmək üçün işlədilən kontakt aparatı dördqatlı aparatdır (şəkil 53). Aparat yüksəkməhsuldarlıqlı, mürəkkəb quruluşlu bir qurğudur. Bu aparat ona görə mürəkkəb hesab edilir ki, dörd kontakt qatını (I – IV) və üç istilikdəyişdiricini (1-3) özündə birləşdirir. Aparat aşağı tərəfdən genişlənmiş silindrik formada hazırlanır. Kontakt aparatının aşağıdan genişləndirilməsində əsas məqsəd III və IV katalizator layının hidravlik müqavimətini azaltmaqdır. İstilikdəyişdiricilərdən ikisi (1 və 2) şəbəkələrə

bərkidilmiş bütöv borulardan, üçüncü istilikdəyişdirici isə (3) ya ilanvari, ya da lövhə formada hazırlanır.

Təmizlənmiş peç qazı 50°C -də xarici istilikdəyişdiricinin (4) boruarası sahəsinə daxil olaraq, aparatın boruları ilə hərəkət edən kontakt aparatından çıxmış isti qazların hesabına $230 - 240^{\circ}\text{S}$ -yə qədər qızır və ardıcıl olaraq daxili istilikdəyişdiricilərin (1, 2, 3) borulararası sahəsinə keçir. Birinci istilikdəyişdiricidən qaz $440 - 420^{\circ}\text{S}$ -də katalizatorun I qatına daxil olur. Oksidləşmənin ekzotermik reaksiyası nəticəsində qaz 590°S -yə qədər qızır. Buna görə o istilikdəyişdiricinin (1) boruları içərisində soyuyaraq katalizatorun II



Şəkil 53. Dördqatlı kontakt aparatının sxemi:

I – IV – kontakt kütlə qatları, 1, 2, 3 – ara istilikdəyişdiricilər,
4 – xarici istilikdəyişdirici, 5, 6, 7 – qaz siyirtmələri.

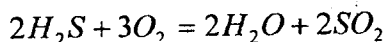
qatına daxil edilir. Beləliklə, qaz ardıcıl olaraq bütün katalizator qatlarını keçir və aralıq soyuducuların boruları ilə hərəkət edərkən tam oksidləşir. Katalizator qatlarına daxil olan qazın temperaturu (5) və (6) siyirtmələri ilə tənzimlə-

nir. Bu siyirtmənin köməyi ilə kükürd qazının miqdarını azaltmaq yaxud artırmaq olar.

Dordqatlı kontakt aparatlarında kontakt dərəcəsi yüksək, aparatın idarə edilməsi isə sadədir.

Əgər kontakt üsulu ilə sulfat turşusu istehsal edəndə xammal kimi kükürd kolçedanı əvəzinə elementar kükürd götürülürsə, aparat nisbətən sadələşir. Yəni alınmış kükürd qazını təmizləyən qurğular lazım olmur. Belə qurğular «qısa» qurğular adlanır.

Xammal kimi hidrogen-sulfiddən istifadə etdikdə proses hidrogen sulfidin yandırılmasından başlanır:



Alınmış kükürd qazını kükürd 6-oksida çevirmək üçün katalizator kimi su buxarı iştirakında V_2O_5 -dən istifadə edilir. Sulfat turşusunun belə alınma üsulu *yaş katalizator üsulu* adlanır.

Sulfat turşusu istehsalının inkişaf istiqamətləri aşağıdakı kimi müəyyən olunmuşdur:

1. Aparatların həcmnin artırılması;
2. Prosesin intensivləşdirilməsi;
3. Kontakt metodu ilə qüllə metodunun kombinə edilməsi;
4. Kükürlü birləşmələrin alınması mümkün olan bütün istehsal sahələrindən xammal kimi istifadə edilməsi;
5. Kompleks avtomatlaşdırma;
6. İstilik enerjisindən səmərəli istifadə edilməsi.

Sulfat turşusunun qatılaştırılması

Bir çox sənaye sahələrində qatı sulfat turşusundan istifadə olunur. Ona görə də nitroz üsulu ilə alınan (75-77%) və işlənilmiş durulaşmış turşunu (68-70%) qatılaştırmaqla kupo-ros yağı (92-95%) almaq mümkündür. Bu məqsədlə müxtəlif qurğularda turşunu xüsusi şəraitdə qızdırıb tərkibində

olan suyu buxarlandırmaq lazım gəlir. Kuporos yağından xlorid, flüorid, qatı nitrat turşusu və başqa turşuların istehsalında, xlorun və digər qazların qurudulmasında istifadə edilir. Sulfat turşusunun qatılaştırılması prosesi monohidrat sulfat turşusunun qaynama (294⁰S) və parçalanma (440⁰S) temperaturlarına əsaslanır.

Sulfat turşusu əsasən iki prinsip üzrə qatılaştırılır:

1. *Səthi toxunma prinsipi üzrə qatılaştırma*; bu prosesdə turşu isti yanma məhsulları ilə bilavasitə görüşür.

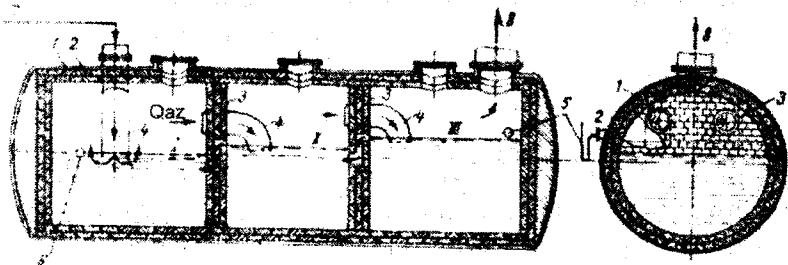
2. *Defleqmatör prinsipi üzrə qatılaştırma*; bu halda qabın içərisində olan turşu kənardan verilən istilik hesabına qızaraq qatılaşır. Hər iki aparatda istilik almaq üçün mazut, yaxud təbii qaz yandırılır. Alınan istilik aşağıdakı proseslərə sərf olunur:

1. Sulfat turşusunun dehidratasiyasına; 2. Suyun buxarlanmasına; 3. Sulfat turşusunun qismən buxarlanmasına; 4. Qatılaştırmaq üçün lazım olan temperaturun alınmasına və həmin temperaturun saxlanmasına; 5. Qatılaştırma zamanı ətraf mühitə verilən istiliyə (itən istilik).

Səthi toxunma prinsipi üzrə işləyən qurğularda sulfat turşusunun qatılaştırılması zamanı, turşu yanma qazlarının istiliyi ilə bilavasitə görüşür. Bu qurğuların əsas aparatları rekuperator, saturator və isti yanma məhsulu borusu hesab edilirdi. Hazırda isə bu prinsip üzrə işləyən barbotaj qatılaştırıcıdan istifadə edilir (şəkil 54).

Qurğu poladdan silindr formasında hazırlanır və üfüqi vəziyyətdə yerləşdirilir. Qatılaştırıcı aparat adlanan bu silindr arakəsmələr (3) vasitəsilə üç kameraya (I – III) bölünür. Kameralar barbotaj boruları (4) ilə təchiz olunur. Silindrin polad gövdəsi (1) daxildən turşuya davamlı materiala (2) örtülür. Bu məqsədlə andezitdən istifadə olunur.

Prosesdə əks-axın prinsipindən istifadə edilir. Belə ki, duru turşu (5) III kameraya, isti yanma məhsulları (7) I kameraya verilir. Bir – birinin əksinə hərəkət edən turşu və



Şəkil 54. Sulfat turşusunu səthi toxunma prinsipi üzrə qatılaşıdıran barbotaj qurğusunun sxemi:

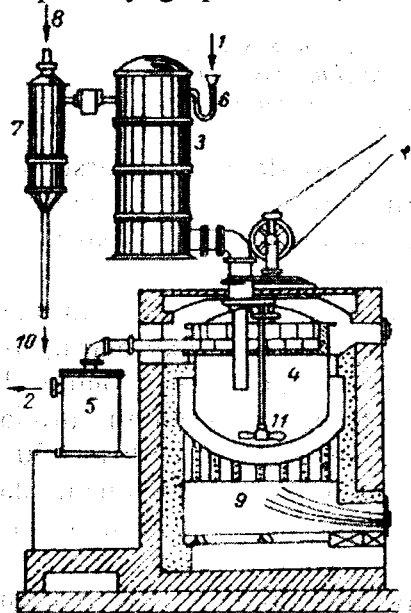
1-polad gövdə, 2-daxili örtük (andezit), 3-arakəsmələr, 4-barbotaj boruları, 5-duru turşu, 6-qatılaşmış turşu (kuponos yağı), I-III – kameralar, 7-isti yanma məhsulları, 8-tullantı qazlar.

isti qazların görüşməsi nəticəsində suyun turşudan buxarlanması sürətlənir. Bu prosesə isti yanma məhsullarının borular vasitəsilə (4) turşu içərisinə barbotaj edilməsi də kömək edir. Bu halda turşu sürətlə qarışmış olur və suyun turşudan ayrılması daha effektivdir. İsti yanma məhsulları $900 - 1100^{\circ}\text{S}$ –də turşu içərisinə daxil olaraq öz istiliyinin çox hissəsini ona verir. Qazlar ardıcıl olaraq I kameradan II və III kameralara keçir və turşunu sürətlə qarışdırır. Bu da suyun buxarlanmasını sürətləndirir. $130-150^{\circ}\text{S}$ -yə qədər soyumuş qazlar az miqdar turşu buxarı ilə birlikdə yaş süzgeçlərdən keçərək turşudan azad olur və atmosfərə ötürülür (8). Qatılaşmış turşu kuponos yağı adı ilə (6) I kameradan xaric olur. Bu qurğularda yanacaq kimi mazut və ya təbii qazdan istifadə olunur. Turşunun qatılığı $68-70\%$ -dən $92-95\%$ -ə qədər yüksəlir. Turşu itkisi 3% -ə çatır. Bu qatılaşıdırıcının məhsuldarlığı həcmindən (ölçüsündən) asılı olub, gündə 3060 t olur (3060 t/gün).

Qurğunun üstün cəhəti ondan ibarətdir ki, istilik bilavasitə turşu ilə təmasda olduğundan istilikötürmə çox intensivdir. Ona görə də yanacaq sərfi az olur. Digər tərəfdən qazlar sulfat turşusunun səthi üzərində hərəkət etdiyindən

suyun turşudan ayrılması sürətlənir, yəni buxarlanma çox intensiv baş verir. Çatışmayan əsas cəhəti odur ki, qatılaşan turşu çirklənir. Bunun qarşısını almaq üçün qiymətli xam-maldan istifadə edilir.

Sulfat turşusunun defleqmatör prinsipi üzrə işlə-yən qurğularda (şəkil 55) qatılaşdırılması daha çox yayılmışdır. Bu qurğunun üstün cəhəti ondan ibarətdir ki, yanma qazları sulfat turşusu ilə toxunma səthində bilavasitə görüşmədiyindən qatılaşan turşu çirklənmir. Digər tərəfdən, alınan kuporos yağı qatı və turşu itkisi az olur. Lakin qurğunun



Şəkil 55. Sulfat turşusunu defleqmatör prinsipi üzrə qatılaşdırən qurğu:

- 1- duru turşu, 2- kuporos yağı, 3-defleqmatör, 4-qatılaşdırıcı, 5-soyuducu, 6-sifon, 7-kondensator, 8-su, 9-ocaq, 10-zəif turşu, 11-mexaniki qarışdırıcı.

çatışmayan cəhəti də vardır. Bu əsas etibarilə qaynar sulfat turşusuna qarşı yüksək temperatura davamlı, istiliyi yaxşı keçirən materialın seçilməsindən ibarətdir; məhsuldarlığı azdır (15-20 t/gün); yanacağı çox işlədir; qatılaşdırıcı tez sıradan çıxır. Qurğuda əsas aparat qatılaşdırıcıdır.

Qatılaşdırıcı çuqundan hazırlanır. Qurğunun əsas aparatları retort tipli qatılaşdırıcı və defleqmatördür.

68 – 70%-li sulfat turşusu (1) əvvəlcə sifona (6), oradan da defleqmatora (3) verilir. Turşu defleqmatörün nimçələrini keçib çuqundan hazırlanmış re-tort tipli qatılaşdırıcıya (4) daxil olur. Retort

aşağıdan ocaq (9) vasitəsilə qızdırılır. Turşunun qızmasını sürətləndirmək üçün mexaniki qarışdırıcıdan (11) istifadə olunur. Yanacağı istiliyindən buxarlanan turşu yuxarı qalxaraq 250 – 300^oS-də defleqmatora daxil olur. Defleqmatorda qatışmaq üçün verilən turşu ilə görüşür və onu da buxarlandırır. Defleqmatordakı turşu buxarının içərisindəki turşunun miqdarı retortdan gələn turşu buxarının içərisində olan turşunun miqdarından az olur. Ona görə də retortdan defleqmatora gələn turşu buxarının bir hissəsi oradakı turşuda kondensləşərək 85% qatılıqda retorda tökülür. Bu qayda ilə retortdan gələn turşu buxarı ilə defleqmotorun boşqabları üzərindəki turşu qatışır və qatışdırıcıya axır. Defleqmotorun aşağı hissəsində nimçələrin sayı çoxalır. Defleqmotorun ən yuxarı hissəsindəki nimçələrdəki turşunun qatılığı 70%-dən çox olmadığından ondan əmələ gələn buxar içərisində ancaq su olur və defleqmotorun yuxarisından xaric olur. Bu buxarların içərisində qalan azca turşu kondensator (7) vasitəsilə tutulur və çox duru turşu kimi kondensatorun aşağısından xaric (10) olaraq kanalizasiyaya buraxılır. Soyutma prosesini yaxşı aparmaq üçün kondensator yuxarıdan su ilə suvarılır (8).

Kondensatorun işləməsi ilə qurğuda 7-10 mm, c. sutda vakuum yaranır ki, bu da turşunun retortda tez buxarlanmasına kömək edir. Retorta tökülən turşu 95-96% qatılıqda soyuducuya (5) axır və soyuyaraq hazır məhsul (2) kimi istifadə obyektlərinə göndərilir. Kuporos yağı adlanan bu turşunun qatılığını göstərilən qurğuda 98%-ə çatdırmaq mümkündür.

Sulfat turşusunun saxlanması və daşınması

Nitroz üsulu (qüllə) ilə alınan sulfat turşusu, kuporos yağı və oleum poladdan hazırlanmış çənlərdə saxlanılır. Belə çənləri daxildən turşuyadavamlı materialla örtmək lazım gəlmir. 74-75%-li sulfat turşusunu saxlamaq üçün saxlama

çənləri içəridən turşuyadavamlı materialla örtülür. Çənlər ya açıq havada, ya da talvar altında saxlanılır. Sulfat turşusu saxlanan ambar isidilməməlidir. Çox qatı sulfat turşusunu və oleumu isə əksinə, isidilən ambarlarda saxlamaq lazım gəlir. Zavoddan çox uzaq olmayan istehlakçılara sulfat turşusu avtosisternlərdə, polad barabanlarda, yaxud şüşə balonlarda çatdırılır. Uzaq məsafələrdə isə əsasən dəmiryol nəqliyyatı ilə, başlıca olaraq yükqaldırması 50 t olan dəmiryol sisternlərində daşınır. Oleum üçün nəzərdə tutulan sisternlərin ilanvarı qızdırıcı boruları olur və buxar ilə qızdırılır.

Kolçedan yandıran sobanın (KS – 450) material və istilik balansı

Material balansı hesablamaq üçün aşağıda verilənlərdən istifadə edilir.

Verilmişdir:

1. Sobanın məhsuldarlığı (100%-li H_2SO_4), $C_{H_2SO_4}$
t, c.....20,833
2. Kükürddən istifadə dərəcəsi, β 0,855
3. Quru kolçedan sərfi (45% S) 1 t H_2SO_4 , α , T0,82
4. Kükürdün kolçedandakı miqdarı C_s , %41
5. Həmin kolçedandakı miqdarı $C_{nəm}$, %6
6. Kükürdün yanıqdakı miqdarı $C_{s\text{ yan}}$, % 1
7. SO_2 -nin quru yanğı qazında miqdarı C_{SO_2} , %14,5
8. SO_3 -ün quru yanğı qazında miqdarı C_{SO_3} , % 0,1
9. Kolçedanın temperaturu t_{kolc} , °S 20
10. Havanın temperaturu t_{hava} , °S 20

11. Sobadan çıxan qazın temperaturu $t_{yanıq}$, °S850
 12. Yanığın temperaturu t_{qaz} , °S850
 13. Havanın nisbi nəmliyi q , %50

HESABLAMA

Kolçedanda kükürdün ümumi miqdarı:

$$G_S = \frac{M_S \cdot G_{H_2SO_4} \cdot 100}{M_{H_2SO_4} \cdot \beta} = \frac{32,06 \cdot 20,833 \cdot 100}{98,08 \cdot 0,855} = 7965 \text{ kq / saat}$$

Quru kolçedanın miqdarı:

$$G_{kollc} = \frac{G_S \cdot 100}{G_S} = \frac{7965 \cdot 100}{41} = 18768 \text{ kq / saat}$$

Kolçedanda nəmin miqdarı:

$$G_{nəm} = \frac{G_{kollc} \cdot C_{nəm}}{100 - C_{nəm}} = \frac{18768 \cdot 6}{100 - 6} = 1198 \text{ kq / saat}$$

Yanığın miqdarı:

$$G_{yan} = \frac{160 - C_S}{160 - C_{S(yan)}} \cdot G_{kollc} = \frac{160 - 41}{160 - 1} \cdot 18768 = 0,748 \cdot 18768 = 14038 \text{ kq / saat}$$

Yanıqda kükürdün miqdarı:

$$G_{S(yan)} = \frac{G_{yan} \cdot C_{S(yan)}}{100} = \frac{14038 \cdot 1}{100} \approx 140 \text{ kq / saat}$$

Yanıqla birlikdə itən kükürdün miqdarı:

$$\frac{G_{S(yan)} \cdot 100}{G_S} = \frac{140 \cdot 100}{7965} = 1,82\%$$

Yanan kükürdün miqdarı:

$$G_S - G_{S(yan)} = 7695 - 140 = 7555 \text{ kq / saat}$$

$(SO_2 + SO_3)$ -ün ümumi həcmi:

$$V_{(SO_2+SO_3)} = \frac{(G_S - G_{S(yan)}) \cdot 22,4}{M_S} = \frac{7555 \cdot 22,4}{32,06} = 5279 \text{ m}^3 / \text{saat}$$

SO_2 -nin həcmi:

$$V_{SO_2} = \frac{V_{(SO_2+SO_3)} \cdot C_{SO_2}}{C_{SO_2} + C_{SO_3}} = \frac{5279 \cdot 14,5}{14,5 \cdot 0,1} = 5243 \text{ m}^3 / \text{saat}$$

SO_3 -nin həcmi:

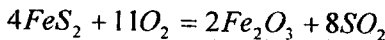
$$V_{SO_3} = V_{(SO_2+SO_3)} - V_{SO_2} = 5279 - 5243 = 36 \text{ m}^3 / \text{saat}$$

Yanğı qazındakı oksigenin qatılığı aşağıdakı formul üzrə hesablanır.

$$C_{O_2} = n - \left[m - \frac{n(m-1)}{100} \right] \cdot C_{SO_2} - \left[m + 0,5 \frac{n(m-0,5)}{100} \right] \cdot C_{SO_3}$$

Burada n – havadakı oksigenin miqdarı, $n=21\%$,

m – stexiometrik əmsallardır (oksigenin molekulları sayının SO_2 molekulları sayına nisbətini göstərir) $m=11 : 8=1,375$.



$$C_{O_2} = 21 - \left[1,375 - \frac{21(1,375-1)}{100} \right] \cdot 14,5 - \left[1,375 + 0,5 \frac{21(1,375-0,5)}{100} \right] \cdot 0,1 = 2,06\%$$

Quru yanğı qazının həcmi:

$$V_{qaz} = \frac{V_{SO_2} \cdot 100}{C_{SO_2}} = \frac{5243 \cdot 100}{14,5} = 36159 m^3 / saat$$

Yanğı qazında oksigenin həcmi:

$$V_{O_2} = \frac{V_r \cdot C_{O_2}}{100} = \frac{36159 \cdot 2057}{100} = 744 m^3 / saat$$

Yanğı qazında azotun həcmi:

$$V_{N_2} = V_r - (V_{SO_2} + V_{SO_3} + V_{O_2}) = 36159 - (5243 + 36 + 744) = 30136 m^3 / saat$$

Kolçedanın yandırılması üçün daxil olan quru havanın həcmi (havada 79% N_2 olur):

$$V_{hava} = \frac{V_{N_2} \cdot 100}{C_{N_2}} = \frac{30136 \cdot 100}{79} = 38147 m^3 / saat$$

Kolçedan yandıran sobanın (KS – 450) material balansı

Cədvəl 7.

Mədaxil	Miqdarı		Məxaric	Miqdarı	
	kq	m ³		kq	m ³
Kolçedan	18768	-	yanıq	14038	-
Kolçedanın nəmi	1198	-	yanıq qazı SO_2	15337	5243
Quru hava	49400	38147	SO_3	129	36
			O_2	1063	744
			N_2	37600	30136
Havanın nəmi	358	445	H_2O	1556	1936
Cəmi:	69724	38592	Cəmi:	69724	38095

Sobanın material balansı ümumi hesablama formullarına əsasən aparılmışdır.

Sobanın istilik balansını da həmin yolla hesablamaqla aşağıdakı cədvələ yazmaq olar.

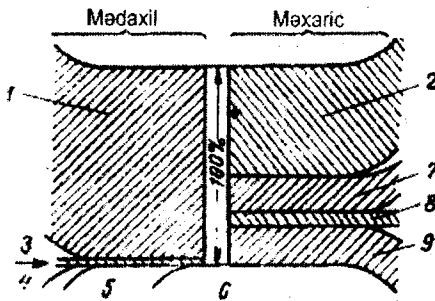
Kolçedan yandıran sobanın istilik balansı

Cədvəl 8.

Mədaxil	Miqdarı		Məxaric	Miqdarı	
	10 ⁻³ kC	%-lə		10 ⁻³ kC	%-lə
Quru kolçedanının istiliyi	204	0,20	Yanığın istiliyi	8380	8,2
Kolçedan nəminin istiliyi	101	0,10	Yanğı qazının istiliyi	46128	45,3
Quru havanın istiliyi	993	0,97	İstilik itkisi	1022	1,0
Havanın nəminin istiliyi	13,4	0,01	Qaynar layda buxar almaq üçün lazım olan istilik	46437	45,5
Kolçedanın yanma istiliyi	10656	98,72			
Cəmi:	10196 7	100	Cəmi:	101967	100

Cədvəldən görünür ki, əsas istilik (sobanın istilik balansında) kolçedanın yanmasından alınır. Digər istilikləri dəqiq hesablamalar tələb olunmayan yerdə nəzərə almamaq da olar.

Balansda qaynar layda buxarın əmələ gəlməsinə sərf olunan istilik də nəzərə alınmışdır. Lakin buxar həm də yanğı qazlarının istiliyindən alınır. Beləliklə aydın olur ki, istiliyin çox böyük hissəsi faydalı sərf olunur. Sobanın istilik balansını diaqram kimi də vermək olar (şəkil 56).



Şəkil 56. Kolçedan yandıran sobannı istilik balansının diaqramı:

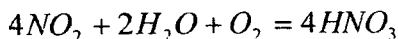
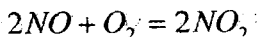
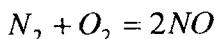
- 1-kolçedanın yanma istiliyi 97,73%, 2-qa-zarla birlikdə 54,9%, 3 - quru hava ilə 2%, 4 - havanın nəmi ilə 0,02%, 5 - quru kolçedanla, 02%, 6-kolçedanın nəmi ilə 0,05%, 7-valı soyudan hava ilə 17,9%, 8-yanıqla 6,7%, 9-itən istilik 20,5%.

VII FƏSİL. AMMONYAK İSTEHSALI

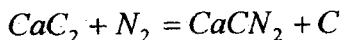
Atmosferdə azotun həm həcmcə (78%), həm də çəkicə (75,6%) oksigendən çox olmasına baxmayaraq onun birləşmələrinin təbii mənbələri olduqca azdır. Azot canlı aləmdə və insan həyatında çox böyük əhəmiyyətə malik olan, böyük rol oynayan elementlərdən biridir. Azot, oksigen, hidrogen və karbonla birlikdə bitki və heyvan orqanizminə daxil olur. O, biokimyəvi proseslərin getməsində və qida maddələrinin tərkibində iştirak edir. Azotun atmosferdə çox olmasına baxmayaraq bitkilər həmişə azot «aclığı»ndan əziyyət çəkir. Bunun da əsas səbəbi odur ki, qaz halında olan azot bitkilər tərəfindən mənimsənilmir. Azot havada, yaxud yer səthində birləşmə halına çox çətin keçir. Bu da azot molekulundakı üç qat rabitənin çox davamlı olması ilə izah edilir. Azotun atomlara dissosiasiya enerjisi çox böyükdür (940,5 kC/mol). Bitkilər azotu yalnız ammoniyak və ya nitratlar halında mənimsəyə bilər. Bu birləşmələr torpaqda azotlu üzvi birləşmələrin çürüməsi nəticəsində əmələ gəlir. Bu isə bitkiniazotla təmin etmir. Məhsul verən torpağa həmişə əlavə azot verilməsinə ehtiyac duyulur. Bu mənada indi kənd təsərrüfatını inkişaf etdirmək üçün azotlu

gübrələrin istehsalı böyük rol oynayır. Azotlu gübrələr isə ammonyak və nitrat turşusu əsasında istehsal olunduğundan azotu ilk növbədə birləşməyə çevirmək lazım gəlir. Bu üç yolla əldə edilir:

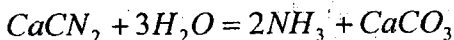
1. *Atmosfer azotunun yüksək temperaturda (3000-3500°S) azot 2-oksida çevrilməsi.* Bu proses elektrik qövsündə aparıldığından çox böyük elektrik enerjisi sərfinə səbəb olur. 1 t birləşmiş azot istehsalına 60000 kVt.saat elektrik enerjisi sərf olunur. Alınan azot 2-oksidi asanlıqla azot 4-oksidi, o da su ilə nitrat turşusuna çevrilir.



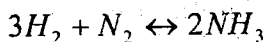
2. *Kalsium karbidə azotla təsir etməklə kalsium-sianamidin alınması:*



Proses 1000°S-də aparılır. Sianamiddən gübrə kimi istifadə edilməklə yanaşı bir çox üzvi birləşmələrin istehsalında xammal kimi də istifadə olunur. 1 t sianamid almaq üçün 10000 kVt · saat elektrik enerjisi sərf olunur. Sianamidin hidrolizindən ammonyak alınır:



3. *Ammonyakın sintez yolu ilə alınması.* Hazırda azotlu birləşmələrin 95%-i azotu ammonyaka çevirməklə alınır:



Ammonyak kəskin iyli qazdır, rəngsizdir və suda çox yaxşı həll olur (1 həcmdə 700 həcm), - 33,4°S-də qaynayır. Maye ammonyak sıxlığı 0,680 q/sm³ olan şəffaf mayedir. Ammonyakın 25%-li məhlulu ammonyaklı su, 10%-li məh-

lulu naşatır spirti adlanır. Ammonyakdan gübrə kimi (maye halda), soyutma proseslərində və metallurgiya sənayesində, plastik kütlələr istehsalında, fotoqrafiya preparatlarının alınmasında və s. istifadə olunur. Ammonyakın böyük bir hissəsi azotlu gübrələr və nitrat turşusu istehsalına sərf olunur.

Ammonyak istehsalı üçün tələb olunan azot havadan alınır. İstər hidrogenin, istərsə də azot-hidrogen qarışığının təbii qazlardan istehsal edilməsi bu üsulun həm texnoloji, həm də iqtisadi cəhətcə çox əlverişli olmasını təmin edir.

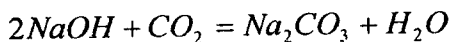
Azot və oksigenin havadan alınması

Havada 78% azot, 21% oksigen vardır. Havanın tərkib hissələrinə ayrılması maye havanı rektifikasiya etməklə əldə edilir. Havanın tərkibinə daxil olan azotun, oksigenin, argonun (0,94%), karbon qazının, hidrogenin, neonun, kripton və ksenonun qaynama temperaturları müxtəlif olduğu üçün onları bir-birindən ayırmaq asandır. Bu prosesin ən çətin mərhələsi havanı mayeləşdirməkdir. Bu məqsədlə havanı aşağı təzyiqdə – 196°S-dək soyudurlar. Bu zaman havanın tərkibində olan bütün qazlar mayeləşir. Maye havanı buxarlandıraraq rektifikasiya etdikdə əvvəlcə azot, sonra oksigen, daha sonra isə digər qazlar buxarlanır. Beləliklə, ammonyak istehsal etmək üçün lazım olan azot əldə edilir. Havanın azot və oksigenə ayrılması aşağıdakı mərhələlərdən ibarətdir: havanın təmizlənməsi və qurudulması, mayeləşdirilməsi, rektifikasiya olunması.

Havanın təmizlənməsi və qurudulmasından məqsəd mayeləşməyə daxil olan havanı tozdan, su buxarından və karbon qazından ayırmaqdır. Toz, buz və bərk karbon qazı istilikdəyişdiricidə qalaraq hava axınının sonrakı hərəkətinə mane olur. Ona görə də toz, su buxarı və karbon qazını havadan onu mayeləşdirməzdən əvvəl ayırmaq lazımdır.

Tozdan təmizlənmək üçün hava yağ süzgəclərindən keçirilir. Yağ süzgəc içərisi metal halqalarla doldurulmuş kalondur. Metal halqaların səthi mineral yağla örtülür.

Hava karbon qazından təmizlənmək üçün o, içərisində NaOH məhlulu olan kalondan keçirilir.



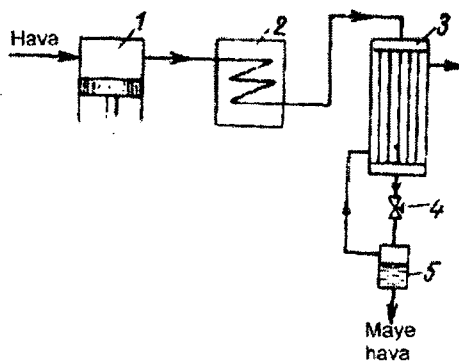
Su buxarından havanı təmizləmək məqsədilə hava içərisi silikagel, alümogel və ya sieolitlə dolu olan adsorberlərdən buraxılır. Adsorbent kimi natrium-hidroksiddən də istifadə edilir.

Dərin soyutma yolu ilə havanı mayeləşdirmək prosesi sənayedə iki üsulla həyata keçirilir:

1. *Drossel üsulu.* Bu üsulla havanı soyudub mayeləşdirmək üçün hava böyük təzyiqlik altında sıxılaraq drosselin siyirtməsinin kiçik deşiyindən buraxılır və təzyiqlik aşağı olan həcmə daxil olur. Bu zaman hava soyuyur.

Havanın soyumasına səbəb, hava həcmdə genişləndikdə onun daxili enerjisinin molekulları arasındakı cazibə qüvvələrini dəf etməyə sərf olunmasıdır. Sıxılmış havanı soyudub, təzyiqlik kəskin azaldıqda temperatur daha da aşağı düşür. Məsələn, əgər hava $5 \cdot 10^6 \text{ H/m}^2$ təzyiqlik altında sıxılıb və -50°S -yə qədər soyudulduqdan sonra öz-özünə genişlənsə onun temperaturu -72°S -yə qədər azalır.

Drossel qurğusunun sxemi 57-ci şəkildə verilmişdir.



Şəkil 57. Drossel qurğusunda havanın mayeləşmə sxemi:
1-kompresor, 2-soyuducu, 3-istilik-dəyişdirici, 4-siyirtmə, 5-seperator.

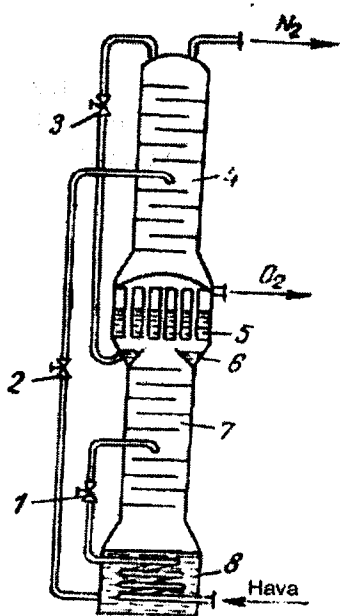
Qurğu kompressordan, soyuducudan, istilikdəyişdiricidən, drossel siyirtməsindən və seperatordan ibarətdir.

Hava kompressorda (1) lazım olan təzyiqa qədər sıxılıb soyuducuda (2) soyudulur. Sıxılmış hava əks-axın prinsipi üzrə işləyən istilikdəyişdiricidən (3) keçdikdən sonra kiçikdeşikli, siyirtməyə (4) verilir. Hava seperatora (1) daxil olduqda təzyiqa aşağı düşür və soyuma daha da dərinləşir. Bu zaman havanın bir hissəsi mayeləşir və seperatora yığılır. Mayeləşməyən lakin soyumuş hava isə ayrılaraq istilikdəyişdiriciyə qaytarılır və yəni drosseldən keçərək təzyiqa aşağı salır, soyuyur və mayeləşir.

2. *Sıxılmış havanın iş görməklə mayeləşmə üsulu.* Bu üsulla havanı mayeləşdirmək üçün o sıxılmış halda buxar maşınına oxşar qurğuya verilir və porşeni hərəkətə gətirir. Müəyyən miqdar iş görməklə genişlənir, soyuyur və mayeləşir.

Alınmış maye havanı tər-kib hissələrinə ayırmaq üçün o rektifikasiya olunur. Maye azot və oksigen bir-birinə istənilən nisbətdə qarışır. Qarışığın temperaturu qarışıqdakı komponentlərin sayından və qaynama temperaturundan asılı olur. Maye havanı komponentlərinə ayırmaq üçün *rektifikasiya*

aparətindən istifadə edilir. Birinci rektifikasiyadan sonra azot 7% O_2 qarışığı ilə ayrılır. Əksər hallarda ikiqat rektifi-



Şəkil 58. Maye havanın ikiqat rektifikasiya aparatında ayrılma sxemi:

1,2,3-drossel siyirtmələri,
4-üst kalon, 5-kondensator
buxarlandırıcı, 6-cib, 7-alt ka-
lon, 8-kalonun kubu.

kasiya edən kalonlardan istifadə olunur. Qurğu üst və alt kalonlardan ibarətdir. Aşağı kalon (7) maye havanı azota və oksigen-hava qarışığına ayırmaq vəzifəsini yerinə yetirir. Yuxarı kalonda (4) havanın azota və oksigenə tamamilə ayrılması başa çatır. Alt kalonda təzyiqlər $5,5 \cdot 10^5 - 6,5 \cdot 10^5$ H/m², üst kalonda isə atmosfer təzyiqinə yaxın olur. Alt kalonla üst kalon arasında kondensator-buxarlandırıcı (5) quraşdırılmışdır. Həmin qurğu üst kalon üçün oksigen buxarlandırıcısı, alt kalon üçün azot kondensləşdiricisi rolunu oynayır. Bu kalonun sadələşmiş sxemi aşağıda verilir (şəkil 58).

İkiliqat rektifikasiya aparatı aşağıdakı kimi işləyir. $12 \cdot 10^6 - 20 \cdot 10^6$ H/m², təzyiqlər qədər sıxılmış və istilikdəyişdiricidə $145 - 150^\circ\text{K}$ -nə qədər soyudulmuş hava alt kalonun (7) kubunda (8) yerləşdirilmiş dolambac borulara daxil olur. Borularda sıxılmış hava oksigen-hava qarışığında 110°K -nə qədər soyuyur. Sonra hava birinci drossel siyirtməsinə (1) keçir və kalonun orta rəflərinə verilir. Azotla zənginləşmiş buxar yuxarı qalxaraq buxarlandırıcıda (5) kondensləşir. Alt kalonun ciblərində (6) toplanan maye havada $98 - 99,5\%$ azot olur. Buradan maye havanın bir qismi aşağı axır, digər qismi isə üst kalonu (4) suvarmaq üçün verilir. Alt kalondakı hava-oksigen qarışığında 40% oksigen olur. Bu qarışıq üst kalonun (4) orta hissəsinə verilir. Aşağı axan maye getdikcə oksigenlə zənginləşir, yuxarı qalxan azot isə aşağı axan maye azot vasitəsilə oksigendən təmizlənir. Təmiz azot üst kalondan, qaz halında olan oksigen isə buxarlandırıcının yuxarisından xaric olur. Müasir hava mayeləşdirən və ayıran qurğuların gücü $3000 - 17000$ m³/saatdır. Bu zaman qurğunun enerji sərfi $0,09 - 0,16$ kVt. Saat/m³-dən çox olmur.

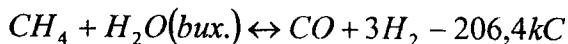
Sintez yolu ilə ammoniyak almaq üçün ikinci komponent hidrogendir.

Hidrogenin və hidrogen-azot qarışığının alınması

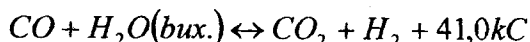
Ammonyak sintez etmək üçün lazım olan hidrogen sənayedə bir neçə üsulla alınır: 1) metan və onun homoloqlarının konversiyası; 2) karbon 2-oksidin, su buxarının və su qazının konversiyası; 3) mayeləşdirməklə koks qazından ayrılması; 4) suyun elektrolizi; 5) neft və neft məhsullarının emalı; 6) təbii qazlardan; 7) yolüstü qazlardan.

Son zamanlar hidrogen almaq üçün əsas xammallar təbii qaz, yolüstü qaz və koks qazı hesab edilir.

Metanın konversiyası. Təbii qazların tərkibində çoxlu miqdarda metan olur. Elə təbii qazlar vardır ki, onlar 98% metandan ibarətdir. Metanın konversiya prosesi bir neçə ardıcıl mərhələni keçir. Metan əvvəlcə su buxarı və oksigenlə konversiya olunur:



Alınmış dəm qazı su buxarı ilə konversiya olunur:



Alınan hidrogen reaksiyaya daxil olmayan dəm qazından və reaksiya məhsulu olan karbon qazından xüsusi üsullarla azad olur.

Ammonyak sintezində lazım olan azot-hidrogen qarışığını almaq üçün müvafiq miqdarda azot hava oksigeni ilə birlikdə metan konversiya olunan qurğuya verilir. Prosesin gedişini çətinləşdirməmək məqsədilə azot-hidrogen qarışığında metan 0,5%-dən çox olmamalıdır. Bu məqsədlə lazım olan azot bəzən qaz qarışığını maye azotla yumaqla da daxil edilir.

Metanın konversiyası bütöv halda istiliyin udulması və həcm genişlənməsilə getdiyi üçün Le-Şatelye prinsipinə

uyğun olaraq temperaturun artması və təzyiğin azalması sistemdə dəm qazı və hidrogenin tarazlıq qatılıqlarının artmasını, metanın qatılığının azalmasını təmin edir. Qaz qarışığında su buxarının miqdarının artması metanın tam konversiyasını sürətləndirir.

Prosesin əsasını təşkil edən metanla su buxarının qarışılıqlı təsir reaksiyasının tarazlıq sabiti aşağıdakı formulla hesablanır:

$$K_{tar.} = \frac{P_{CO} \cdot P_{H_2}^3}{P_{CH_4} \cdot P_{H_2O}} \quad (79)$$

Tarazlıq sabitinin müxtəlif temperatur şəraiti üçün hesablanaraq təyin edilməsi göstərir ki, 700^oS temperaturda K_{tar} -nın nisbətən böyük olmasına baxmayaraq tarazlıq şəraitində qaz qarışığı içərisində reaksiyaya daxil olmayan metanın miqdarı çoxdur (cədvəl 9).

Metanın konversiya məhsulunun tərkibi

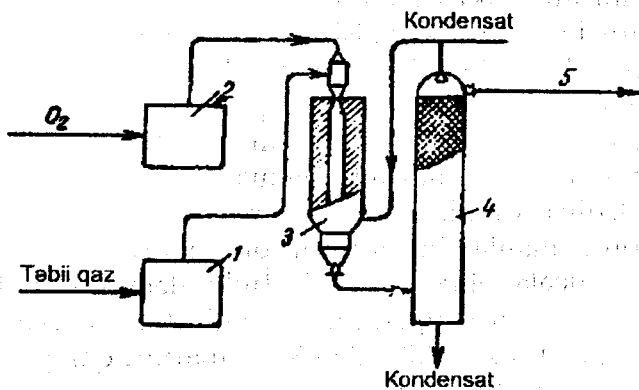
Cədvəl 9.

Temperatur, ^o S-lə	Qaz qarışığının tərkibi, həcmi %-lə			
	CH ₄	H ₂ O	CO	H ₂
727	5,08	-	22,46	67,38
827	1,71	1,82	24,14	72,44
927	0,64	-	24,68	74,04

Konversiya prosesini sürətlə aparmaq üçün temperatur 1350^oS-dən yüksək olmalıdır.

Katalizatordan istifadə etdikdə proses 800 – 1110^oS-də gedir. Katalizator kimi üzərinə nikel çəkilmiş alüminium-oksüd götürülür. Metanın katalizatorsuz konversiya prosesinə *yüksək temperaturlu konversiya*, katalizator iştirakında aparılan konversiyaya isə *katalitik konversiya* deyilir. Yüksək temperaturlu konversiya prosesinin aparılması üçün lazım olan qurğunun sxemi aşağıda verilir (şəkil 59).

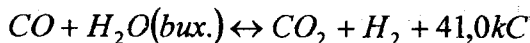
Oksigenlə zənginləşdirilmiş hava və təbii qaz müvafiq qızdırıcılarda (1,2) qızdıqdan sonra konvertora (3) verilir. Konvertorda (3) konversiya zonasının temperaturu 1350 – 1400^oS olur. Bu zonada temperatur yüksək olduğundan metan qismən parçalanaraq qurum əmələ gətirir. Qurumdan təmizlənmək üçün konversiya qazı skrubberdə (4) isti su ilə yuyulur və alınan karbon 2-oksidin konversiyası üçün skrubberdən xaric olur.



Şəkil 59. Metanın yüksək temperaturlu konversiya qurğusunun sxemi.

1-təbii qaz qızdırıcısı, 2-oksigen qızdırıcısı,
3-konvertor, 4-skrubber, 5-konversiya qazı.

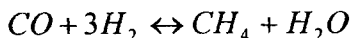
Dəm qazının konversiyası. Metanın konversiyasından alınan qazın və habelə generator qazının tərkibində 20–40%-ə qədər dəm qazı olur. Dəm qazının özü də konversiya olunduqda hidrogen əmələ gətirdiyi üçün metanın konversiyasından alınan konvertor qazı hidrogeni ayırmadan konversiya olunur. Məlumdur ki, dəm qazının su Buxarı vasitəsilə konversiyası ekzotermikdir və həcmən dəyişməməsi ilə gedir:



Bu o deməkdir ki, Le-Şatelye prinsipinə görə təzyiğin artması hidrogenin çıxımına təsir etmir, yalnız konversiya prosesini sürətləndirir. Temperaturun artması isə əksinə, tarazlığı sola yönəldir, yəni hidrogenin çıxımı azalır.

Prosesi aşağı temperaturda apardıqda, katalizator tətbiq etdikdə belə reaksiyanın sürəti çox zəif olur. Bütün bunları nəzərə alaraq yaxın vaxtlara qədər bu prosesdə orta temperaturlu katalizator – dəmir oksidləri tətbiq olunurdu. Bu katalizator aktivliyini tez itirdiyi üçün katalizatora promotor kimi kalium, kalsium, alüminium və xrom oksidləri əlavə olunurdu. 450 – 500⁰S –də aparılan bu prosesdə konversiya qazından qalıq dəm qazı 2 – 4% olur ki, bunu da hidrogendən ayırmaq çox çətin və baha başa gəlir. Dəm qazının konversiya qazında qalması isə ammonyak sintezində işlədilən katalizator üçün zəhər hesab edilir.

Son zamanlar bu prosesin optimal şəraiti tapılmış və müsbət nəticələr əldə edilmişdir. İndii dəm qazının konversiyası üçün aşağı temperaturlu katalizator (sink-xrom-mis) tətbiq edilir. Proses 200 – 250⁰S-də aparılır, qalıq dəm qazının miqdarı isə 0,2 – 0,4%-dən çox olmur. Bu ona görə əlverişlidir ki, həmin miqdar dəm qazını elə prosesdə metanlaşdırmaq mümkündür:



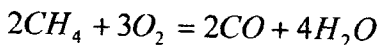
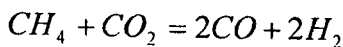
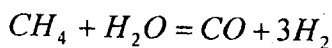
Aşağı temperaturlu konversiya prosesinin çatışmayan cəhəti həmin katalizatorun kükürlü birləşmələrə qarşı çox həssas olmasıdır. Xammal kimi götürülən təbii qazda isə kükürlü birləşmələr çox olur. Ona görə də həm təbii qazı, həm də konversiya qazını kükürlü birləşmələrdən təmizləmək üçün dəqiqlik və xüsusi metodlar tələb edilir.

Karbon 2-oksidin konversiyası rəfli konvertorlarda aparılır. Qaz konvertora radial girişlə daxil olur. Rəflər üzərinə səpələnən kondensatın buxarlanması hesabına qaz rəfdən-rəfə keçdikcə soyuyur. Dəm qazının konversiya prosesi ekzotermik olduğu üçün bu proses avtotermiki gedir.

Metanın buxar-oksigen qarışığında katalitik konversiyası. Konversiya atmosfer təzyiqində aparılır. Qaz qarışığında $CH_4 : H_2O = 1 : 2$ nisbətində olduqda metanın konversiyası tam gedir. Proses 800-850^oS temperaturda aparılır. Metan-butan-oksigen qarışığının katalitik konversiyasının sxemi 60-cı şəkildə verilir. Bu qurğuda həm metanın, həm də karbon 2-oksidin konversiyası ardıcıl olaraq aparılır. Qurğuda həm metan, həm də dəm qazı konvertorları fəaliyyət göstərir.

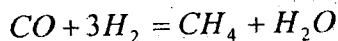
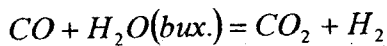
Metan konvertoru (4) nikel katalizatoru, (şəkil 60) dəm qazı konvertoru (6) isə xrom, alüminium və kalsium oksidləri ilə aktivləşdirilmiş dəmir oksidi katalizatoru ilə doldurulur. Bu konvertorda ikiqat katalizator layından istifadə olunur.

Təbii qaz (metan) su qızdırıcısından (8) gələn isti suyun istiliyi hesabına saturatorda (1) 80^oS-yə qədər qızır və oraya verilən su buxarı ilə doydurulur. Metan-su buxarı qarışığının nisbəti $CH_4 : H_2O = 1 : 0,35$ -ə bərabər götürülür. Lakin sonra su Buxarı əlavə edilməklə bu nisbət bərabərləşdirilir. Buxar-qaz qarışığı istilikdəyişdiricidə (2) öz temperaturunu konversiya qazlarının temperaturu hesabına 500 -600^oS-yə qədər artırır. Bu temperaturda oksigenlə qarışmaq üçün qarışdırıcıya (3) daxil olur. Qaz qarışığı konversiya olunmaq üçün metan konvertorunda (4) katalizatorla görüşür. Aşağıdakı konversiya reaksiyaları gedir:

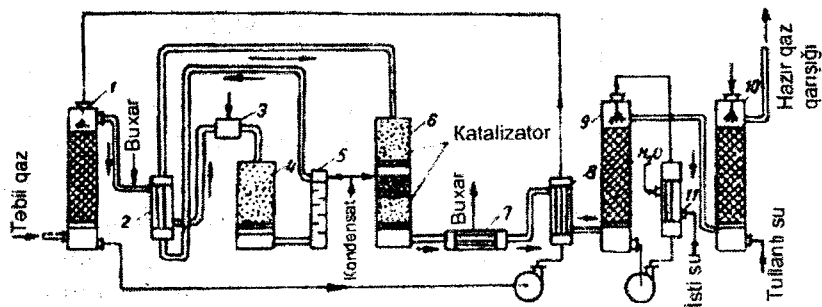


Qarışdırıcıya (3) verilən oksigenin miqdarı elə tənzimlənir ki, konvertorda (4) lazım olan temperatur rejimi saxlanılır. Lakin metanın konversiya prosesi ekzotermik olduğu üçün konvertordan (4) çıxan qazın temperaturu 800^oS

olur. Bu temperaturda o çox quru olduğu üçün nəmləşdiricini (5) keçir və orada yenidən su buxarı ilə doydurulur. Öz istiliyini istilikdəyişdiriciyə (2) verərək 400 – 450^oS-yə qədər soyuyur, nəmləşdirilir (5) və dəm qazı konvertoruna (6) qaytarılır. Hidrogen, azot, oksigen, metan, karbon qazı, dəm qazı və su buxarından ibarət olan qaz qarışığı konvertorda (6) katalizatorla görüşür və dəm qazının konversiyası başlanır. Bu zaman həm hidrogen, həm də metan alınır:



Konvertorun katalizator qatları arasında doldurma təbəqəsi var. Bu təbəqə üzərində suyun buxarlanması hesabına temperatur birinci katalizator qatında 400^oS-yə qədər aşağı düşür.



Şəkil 60. Metanın oksigen-buxar qarışığında konversiyasının sxemi:

1-saturator, 2,11-istilikdəyişdiricilər, 3-qarışdırıcı, 4-metan konvertoru, 5-nəmləşdirici, 6-dəm qazı konvertoru, 7-utilizasiya qazanı, 8-su qızdırıcısı, 9-su qızdırıcı qüllə, 10-kondensasiya qülləsi.

Katalizatorun alt qatında su buxarını artırmaqla dəm qazının konversiya dərəcəsini artırmaq mümkündür. Konversiya qazının istiliyindən istifadə etməyin iqtisadi əhəmiyyəti olduğu üçün konvertordan çıxan qaz ardıcıl olaraq

utilizasiya qazanını (7), su qızdırıcısını (8) və su qızdıran qülləni (9) keçir. Sonra soyumuş konversiya qazı kondensasiya qülləsindən (10) xaric olaraq təmizlənməyə göndərilir.

Konversiya qazının tərkibi

Cədvəl 10.

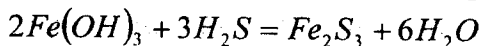
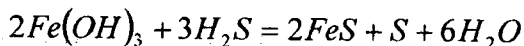
Prosesin mərhələsi	Qazın tərkibi, həcmi %-lə					
	H_2	N_2	CO	CO_2	CH_4	H_2O
Metan konvertorundan sonra	51,8	22,3	17,7	7,3	0,5	0,4
CO konvertorundan sonra	57,4	19,8	9,7	18,3	0,4	0,3

Konversiya nəticəsində alınan qaz qarışığının təxmini tərkibi 10-cu cədvəldə verilmişdir.

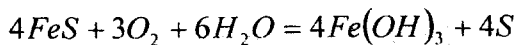
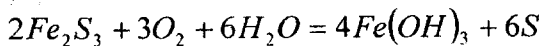
Qaz qarışığının təmizlənməsi

Həm konversiya prosesində, həm də ammoniyakın sintez prosesində işlədilən katalizatorlar qaz qarışığında olan kükürlü birləşmələr, oksigen və oksigenli birləşmələrlə zəhərlənərək öz aktivliyini tezliklə itirir. Ona görə də qaz qarışığı göstərilən birləşmələrdən diqqətlə təmizlənməlidir. Təmizlənmə iki üsulla - *quru* və *yaş üsullarla* həyata keçirilir. Hər iki üsulda əsas məqsəd qaz qarışığını kükürlü birləşmələrdən təmizləməkdir.

Quru üsulla qazı kükürd və ya kükürlü birləşmələrdən təmizləmək üçün bərk uduculardan (adsorberlərdən) istifadə edilir. Uducu kimi $Fe(OH)_3$, ZnO , MnO , $Mn(OH)_2$ və aktivləşmiş kömür götürülür. Təmizlənmə prosesi aşağıdakı reaksiyalara əsaslanır:



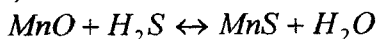
Uducunu yenidən regenerasiya etmək üçün aşağıdakı reaksiyalardan istifadə olunur.



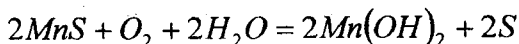
Qazı ZnO üzərində təmizlədikdə $350 - 400^\circ S$ -də ZnO sulfidə çevrilir.

Uducunun regenerasiyası $500 - 550^\circ S$ -də su buxarı və havanın iştirakında aparılır.

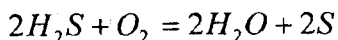
MnO hidrogen-sulfidi $370 - 500^\circ S$ -də adsorbsiya edir və MnS -ə çevrilir,



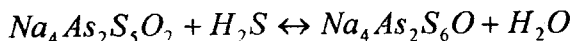
MnO -nun regenerasiyası da oksigen və su buxarı vasitəsilə həyata keçirilir:



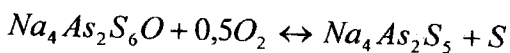
Qazın aktiv kömür üzərində təmizlənmə prosesi H_2S -in aktiv kömür üzərində elementar kükürdə qədər oksidləşməsinə əsaslanır:



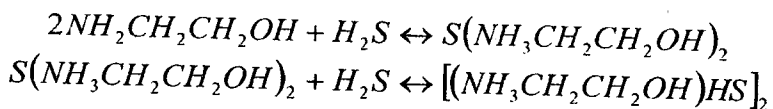
Qazın yaşılla təmizlənməsi maye uducuların (absorberlərin) tətbiq edilməsilə həyata keçirilir. Bu üsul arsen-soda, etanolamin və karbonat metodlarına bölünür. Arsen-soda metodu ilə qaz təmizlədikdə uducu kimi oksitarsen duzlarının məhlulları götürülür və ammoniyak sin-tezi üçün lazım olan qazlar həmin məhluldan keçirilir. Hidrogen-sulfid məhlul tərəfindən udulur:



Uducu məhlulu regenerasiya etmək məqsədilə məhluldan sürətli hava axını buraxılır. Bu zaman elementar kükürd ayrılır.

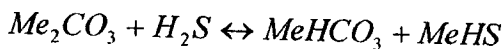


Yaş üsulla qaz qarışığını hidrogen-sulfiddən azad etmək üçün mono-, di- və trietanolamindən də istifadə edilir.



Bu reaksiyalar 20 – 40°S-də soldan sağa, 100°S-də isə əks istiqamətdə gedir. Beləliklə də H_2S məhluldan desorbsiya, uducu məhlul isə yenidən regenerasiya olunur.

Karbonat metodunda Na_2CO_3 və ya K_2CO_3 uducu kimi götürülür və onlar H_2S ilə aşağıdakı tənlik üzrə reaksiyaya daxil olur:



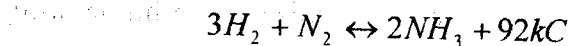
Me-kalium və natriumdur.

Qaz qarışığını CO -dan təmizləmək üçün qarışıq təzyiqliq altında soyuq su ilə yuyulur. Bu məqsədlə qələvi və ya etanolamin məhlulları da götürmək olar.

Karbon oksidindən qaz qarışığını təmizləmək üçün birvalentli mis duzlarının ammoniyaklı məhlullarından da istifadə edilir. Bu zaman misin kompleks duzları alınır.

Ammonyak istehsalının nəzəri əsasları

Ammonyakın azot və hidrogendən sintez prosesi dönmən prosedir. Bu reaksiya həcmnin azalması və istilik ayrılması ilə gedir. Ona görə də Le-Şatelye prinsipinə uyğun olaraq temperaturun azalması və təzyiqlin artması tarazlığı sağa yönəldir:



Bunu aşağıdakı misallardan aydın görmək olar: 200°S və $1 \cdot 10^6 \text{ H/m}^2$ təzyiqdə qaz qarışığında ammonyakın tarazlıq qatılığı 50,7%, həmin təzyiqdə və 300°S -də bu qatılıq 14,7% olur. Lakin 300°S və $3 \cdot 10^7 \text{ H/m}^2$ təzyiqdə ammonyakın qarışıqdakı tarazlıq qatılığı 71%-ə çatır. Göründüyü kimi ammonyakın çıxımı əsasən təzyiqin artmasından asılı olur. Lakin onu da qeyd etmək vacibdir ki, azot molekullarında çox davamlı uçqatrabitə mövcuddur. Ona görə də azot yüksək temperaturda belə çox zəif birləşir. Bunları nəzərə alaraq prosesi sürətləndirmək üçün yüksək temperaturdan ($400 - 450^{\circ}\text{S}$), yüksək təzyiqdən ($3 \cdot 10^7 \text{ H/m}^2$), həm də katalizatorlardan istifadə edilir. Katalizator kimi Fe_3O_4 -dən reduksiya yolu ilə alınan dəmir götürülür. Bu katalizator öz aktivliyini çox tez itirdiyi üçün ona promotor kimi Al_2O_3 , K_2O , CaO və s. əlavə edilir. Göstərilən promotorlar əlavə edildikdə dəmir katalizator öz aktivliyini ən azı iki il müddətində itirmir.

Qaz qarışığında 0,1% kükürlü birləşmələr olanda katalizatorun aktivliyi dərhal 50% azalır. 1% kükürlü birləşmələr olduqda isə katalizator tamamilə zəhərlənir və yəni-dən öz aktivliyini bərpa etmir. Dəmir katalizatoru oksigen və oksigenli birləşmələr (H_2O , CO_2 , CO) də zəhərləyir. Lakin belə zəhərlənmədən sonra onun aktivliyini bərpa etmək mümkündür.

Ammonyakın sintez prosesi heterogen-katalitik prosesdir və bir neçə ardıcıl mərhələdən ibarətdir. Bu mərhələlər aşağıdakılardır:

1. Azot-hidrogen qarışığının katalizator səthinə, oradan da məsələlərə diffuziyası;
2. Katalizator səthində qaz qarışığının kimyəvi absorbsiyası;
3. Azot və hidrogenin katalizator səthində kimyəvi qarşılıqlı təsiri;

4. Əmələ gələn ammoniyakın katalizator məsələlərində desorbsiyası və onun qaz fazaya diffuziyası.

Göstərilən mərhələlərdən ən yavaş mərhələ azotun kimyəvi adsorbsiyasıdır ki, bu da prosesin sürətini müəyyən etməyə imkan verir. Ammoniyakın sintez prosesinin sürəti temperaturdan, təzyiqdən, həcmi sürətdən, habelə azot, hidrogen və ammoniyakın qaz qarışığındakı qatılıqlarından asılıdır. Aktivləşmiş dəmir katalizator gətirdikdə prosesin sürəti M.İ. Tyomkin formulu ilə hesablanır:

$$\omega = K_1 P_{N_2} \left(P_{H_2}^3 / P_{NH_3}^2 \right)^\alpha - K_2 \left(P_{NH_3}^2 / P_{H_2}^3 \right)^{1-\alpha} \quad (80)$$

Burada: K_1 – ammoniyakın sintezinin sürət sabiti;

K_2 – ammoniyakın parçalanmasının sürət sabiti;

$P_{N_2}, P_{H_2}, P_{NH_3}$ - azotun, hidrogenin və ammoniyakın parsial təzyiqləri;

α - sabit kəmiyyət olub dəmir katalizatoru üçün 0,5-ə bərabərdir. K_1 və K_2 sabitləri ammoniyakın sintez reaksiyasının tarazlıq sabitini müəyyən edir.

$$\frac{K_1}{K_2} = K_{tar.}$$

Bu sabitlərdən biri məlum olduqda digərini hesablamaq mümkündür.

Ammoniyakın sintezi prosesində təzyiq $1 \cdot 10^7$ H/m²-dən $1 \cdot 10^8$ H/m²-ə qədər dəyişdirilə bilər. Tətbiq olunan təzyiqdən asılı olaraq ammoniyak istehsalı üç şəraitdə həyata keçirilir:

Aşağı təzyiqdə: $1 \cdot 10^7 - 15 \cdot 10^6$ H/m².

Orta təzyiqdə: $25 \cdot 10^6 - 60 \cdot 10^6$ H/m².

Yüksək təzyiqdə: $60 \cdot 10^6 - 100 \cdot 10^6$ H/m².

Orta təzyiqdə işləyən aparatlar daha çox yayılmışdır.

Temperatur və təzyiqdən asılı olaraq azot-hidrogen qarışığında ammoniyakın tarazlıq qatılığı 11- ci cədvəldə verilir:

Ammonyakın çıxımına temperatur və təzyiğin təsiri

Cədvəl 11.

Temperatur °S-lə	Ammonyakın çıxımı, %-lə		Temperatur °S-lə	Ammonyakın çıxımı, %-lə	
	$3 \cdot 10^7 H/m^2$	$1 \cdot 10^8 H/m^2$		$3 \cdot 10^7 H/m^2$	$1 \cdot 10^8 H/m^2$
200	89,94	98,29	500	26,44	57,47
300	70,96	92,55	600	13,77	31,43
400	47,00	79,82	700	7,28	12,83

Cədvəldən görünür ki, təzyiği artırmaq və temperaturu azaltmaqla ammonyakın çıxımını maksimum artırmaq olar.

Müəyyən edilmişdir ki, eyni temperaturda təzyiç yüksəldikcə çıxımın artmasına baxmayaraq sintez prosesi axıra qədər getmir. Təxminən 200°S-də və $1 \cdot 10^8 H/m^2$ təzyiçdə aparılan sintez prosesi nəticəsində çıxım 98% olur. Bu temperaturda reaksiyanın sürəti çox azdır. Ona görə də proses yüksək temperaturda (450–500°S) aparılır. Ammonyakın çıxımı bu temperaturda nisbətən az olsa da proses sürətli gedir. ammonyakın çıxımını artırmaq üçün *sirkulyasiya* prosesindən istifadə edilir. Göstərilən şəraitdə bir aktda, yəni qaz qarışığının katalizator kütləsindən bir dəfə keçirilməsində onun ammonyaka çevrilməsi 19-20% təşkil edir. Reaksiyada iştirak etməyən azot-hidrogen qarışığı təkrar-təkrar prosesə qaytarılanda, yəni prosesdə sirkulyasiya etdikdə, ammonyakın çıxımı yenə də 98%-ə çatır.

Təcrübə göstərir ki, istehsalat şəraitində ammonyakın sürətli sintezi maksimum çıxımla 200-300°S-də və $3 \cdot 10^7 H/m^2$ - $1 \cdot 10^8 H/m^2$ təzyiçdə aparılmalıdır (cədvəl 12).

Katalizatora əlavə olunan aktivatorlar (promotorlar) katalizatorun keyfiyyətinə və ammonyakın çıxımına böyük təsir göstərir. Təcrübələr göstərmişdir ki, dəmir katalizatora əlavə olunan Al_2O_3 və K_2O aktivatorlarının çəki nisbətləri

Katalizator kütləsinin müxtəlif temperaturlarda ammonyakın çıxımına təsiri

Cədvəl 12.

Aktivatorlar	Sintezdən çıxan qaz qarışığında NH_3 -ün miqdarı, %-lə						
	400 ^o	425 ^o	450 ^o	475 ^o	500 ^o	525 ^o	550 ^o
$Al_2O_3+K_2O$	13,1	15,8	18,3	18,2	17,7	16,5	14,1
$Al_2O_3+K_2O+CaO$	15,7	18,9	20,3	20,6	18,8	16,9	14,7
$Al_2O_3+K_2O+$ $+SiO_2+CaO$	16,0	18,6	20,3	19,6	18,1	16,6	14,3

1:2 nisbətində olduqda şərait optimal hesab edilir. Temperatur və aktivatorun ammonyakın çıxımına təsiri 12-ci cədvəldə verilmişdir.

Cədvəldən görüldüyü kimi ən yaxşı aktivator $Al_2O_3+K_2O+CaO$ hesab edilir və 425 – 475^oS temperaturda ammonyakın çıxımı daha yüksək olur.

Katalizator hazırlamaq üçün metal dəmirdən, ya da dəmir filizindən (Fe_3O_4) istifadə edilir.

Metal dəmir götürdükdə o əvvəlcə oksigenlə oksidləşdirilir, sonra isə elektrik peçlərində lazımi miqdarda aktivatorla birlikdə əridilir.

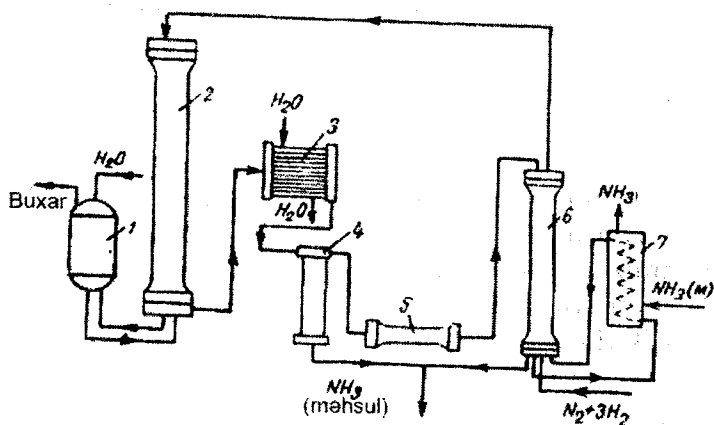
Dəmir filizi götürdükdə filiz əvvəlcə zənginləşdirilir, katalizatorun aktivliyinə mənfi təsir göstərə bilən qarışıqlardan təmizlənir, sonra isə aktivatorla birlikdə əridilir.

Hər iki yolla alınmış ərinti xırdalanır, ələkdən keçirilir, 4-10mm-lik dənəciklər şəklində kontakt aparatına doldurulur. Üzərindən azot-hidrogen qarışığı buraxıldıqda dəmir oksidi hidrogenlə reduksiya olunur və dəmirə çevrilir. Bu katalizator ammonyakın sintez prosesini 460 – 600^oS-də aparmağa imkan verir.

Orta təzyiqdə işləyən sirkulyasiya qurğusunda ammonyak istehsalı

Hazırda əksər sənaye sahələrində ammonyak orta təzyiqdə ($25 \cdot 10^6 \text{ H/m}^2 - 60 \cdot 10^6 \text{ H/m}^2$) istehsal olunur. Bu şəraitdə ammonyakın çıxımı nisbətən yüksək olur, proses sürətlə gedir, həm də bu təzyiqə aparatlar uzun müddət dö-zə bilir. Orta təzyiqdə ammonyak sintez edən qurğunun sxemi 61-ci şəkildə göstərilmişdir.

Sintez üçün hazır olan azot-hidrogen qarışığı sintez kalonuna (2) yuxarıdan daxil olur. Kalonda katalizatorla görüşür və qismən (14 – 20%) ammonyaka çevrilir. Kalon-dan 450–520°S-də xaric olan ammonyak-azot-hidrogen qa-rışığı əvvəlcə utilizasiya çəninə (1) daxil olur və öz istiliyini suya verərək 200°S-yə qədər soyuyur. Daha da çox soyu-maq üçün qaz qarışığı yenidən sintez kalonuna (2) qaytarılır və istilikdəyişdiricini keçir. Kalonun istilikdəyişdiricisində 90 – 100°S-yə qədər soyuyur və bu temperaturda su soy-uducusuna (3) daxil olur. Əmələ gələn maye ammonyak



Şəkil 61. Orta təzyiqdə ammonyak sintez
edən qurğunun sxemi:

1-utilizasiya çəni, 2-sintez kalonu, 3-su soyuducusu, 4-separator,
5-kompresor, 6-kondensləşmə kalonu, 7-buxarlandırıcı.

seperatorada (4) ayrılır və kondensləşmə kalonundan (6) ayrılan maye ammonyakla birləşərək hazır məhsul kimi qurğudan xaric olur. Ammonyakın qismən mayeləşməsi $30 \cdot 10^6$ H/m^2 təzyiqdə başlanır. Sonra qaz borulu kompressor (5) vasitəsilə işçi təzyiqə qədər sıxılaraq yuxarıdan kondensləşmə kalonuna (6) daxil olur. Ammonyakın bir qismi bu kalonda, qalanı isə buxarlandırıcıda (7) soyuyaraq mayeləşir. Buxarlandırıcıya (7) kənardan verilən maye ammonyakın buxarlanması hesabına orada soyuqluq yaranır və bunun təsiri ilə qaz halda olan ammonyakın kondensləşməsi daha effektivdir. Kondensləşmə kalonuna (6) aşağıdan verilən xam azot-hidrogen qarışığı kalonda maye azotla yuyularaq nəmədən, yağ hissəciklərindən və karbon qazından azad olur.

Təmiz- azot hidrogen qarışığı reaksiyaya daxil olmayan azot -hidrogen qarışığı ilə kalonda (6) birləşərək oradan xaric olur və yuxarıdan sintez kalonuna (2) daxil olur. Beləliklə, sirkulyasiya hesabına tsikl qapanır. Kondensləşmə kalonundan (6) ayrılan maye ammonyak separatoradan ayrılan maye ammonyakla birləşərək hazır məhsul kimi qurğudan xaric olur. Maye ammonyak normal təzyiqdə – 34^0S -də mayeləşir. Ona görə də ammonyak anbarlarda həcmi 50-100 m^3 olan silindrlərdə $1,6 \cdot 10^6$ H/m^2 təzyiq altında saxlanılır. Maye ammonyak xüsusi sistem-maşınlarda, yaxud qatarlarda daşınır. Ammonyak saxlanılan sistemlər ağ rənglə rənglənir. Ammonyakla dolu balonları günəş altında saxlamaq qadağandır. Onları istilik mənbələri yanında da saxlamaq olmaz. Balonlara geydirilən rezin halqalar onları zərbələrdən qoruyur. İstehsalatda iş yerlərində hər $1m^3$ havada ammonyakın qatılığı 20 mq-dan çox olmamalıdır.

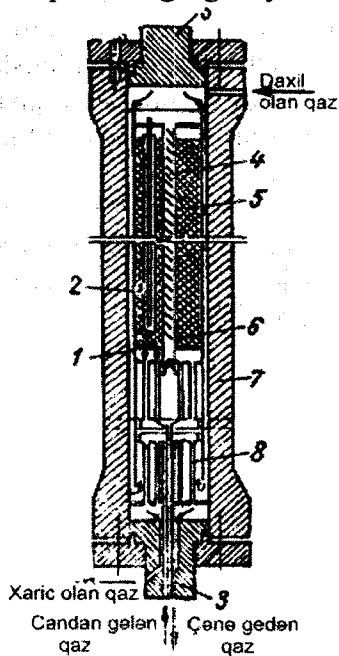
Ammonyak istehsal edən qurğuda ən əsas aparat sintez kalonudur. Sintez kalonu divarlarının qalınlığı 176-200mm olan poladdan hazırlanmış qurğudur. Orta təzyiqlərdə işləyən sintez kalonun hündürlüyü 12-15m, daxil

diametri 1,0 - 1,4 m olur. Bu qurğunun sxemi 62-ci şəkildə göstərilmişdir.

Kalonun gövdəsi (7) qalındıvarlı polad silindr forma dadır. O həm aşağıdan, həm də yuxarıdan qapaqlarla (3) ör-tülür. Sintez kalonunun yuxarı hissəsi katalizator qutusu (5), aşağı hissəsi istilikdəyişdirici (8) hesab edilir.

Kalonun gövdəsi istilik izolyasiyası ilə təchiz olunmuşdur. Bu, gövdənin daxili və xarici səthləri arasındakı temperatur fərqi hesabına yaranan temperatur gərginliyinin qarşısını alır. İstilikdəyişdirici (8) prosesin kalonda avtotermik getməsini təmin edir. Katalizator, katalizator qu

tusuna (5) doldurulur. Optimal temperatur şəraitini təmin etmək məqsədilə katalizatorun içərisindən ikiqat istilikdəyişdirici borular (2) keçirilir. Xammal-qaz qarışığı kalona yuxarıdan daxil olaraq kalonun divarları və katalizator qutusu arasındakı boşluqla aşağıya doğru hərəkət edir. Beləliklə də kalonun gövdəsini qızmaqdan qoruyur. İstilikdəyişdiricinin (8) aşağı hissəsinə çatır və aşağıdan onun boruları arasına daxil olaraq yuxarı qalxır. Sonra mərkəzi boruya (6) keçir. Mərkəzi boru elektrik qızdırıcısı ilə qızdırılır. Azot-hidrogen qarışığı istilikdəyişdiricinin boruları arasında həmin borulardan keçirilən isti qazların temperaturu hesabına qızır. Mərkəzi boru



Şəkil 62. Orta təzyiqdə işləyən sintez kalonunun sxemi:

1-tor, 2-borulu istilikdəyişdirici, 3-aşağı və yuxarı qapaqlar, 4-elektrik qızdırıcısı, 5-katalizator qutusu, 6-mərkəzi boru, 7-kalonun gövdəsi, 8-istilikdəyişdirici.

(6) ilə yuxarı qalxan qaz qarışığı katalizator qutusunun (5) yuxarı hissəsindən keçdikdən sonra katalizator içərisində yerləşdirilən ikiqat istilikdəyişdirici borulara (2) daxil olur. Borularda 450 – 500⁰S-yə qədər qızaraq katalizatorla görüşür və qaz qarışığının temperaturundan istifadə etmək üçün kalondan xaric olan qaz əvvəlcə utilizasiya çənini keçir. 200⁰S-yə qədər soyuduqdan sonra yenidən sintez kalonuna verilir. İstilikdəyişdiricidə 90-100⁰S-yə qədər soyuyaraq kalonun aşağısından xaric olur. Tələbatdan asılı olaraq hazırda müxtəlif gücə malik sintez kalonları tətbiq olunur. Gücü ən az olan kalonun məhsuldarlığı 150 t/gün, ən çox olanı isə 1500 t/gündür.

Kalonun uzunömürlülüüyü qazın təmizlik dərəcəsiindən asılıdır. Ümumiyyətlə indiki kalonların zavodlarda xidmət müddəti iki ildən çox olmur.

Ammonyak sintezinin material balansı

Əgər 62-ci şəkildə göstərilən qurğuda ammonyak 300 atm təzyiqdə və 500⁰S temperaturda sintez edilərsə, həmin şəraitdə qurğuya verilən xam qaz qarışığının tərkibi aşağıdakı kimi götürülür: H_2 – 74,85%; N_2 – 24,95%; təsirsiz qazlar * - 0,2%. Bu tərkibdə qaz qarışığından sintez olunan ammonyakın bir tsiklinin material balansını hesablayaq:

Prosesə verilən qaz qarışığında təsirsiz qazların miqdarı 3%-dən çox olmur. Tarazlıq qatılığı 60%-dir. Su kondensatorunda qaz 30⁰S-yə qədər, ammonyak buxarlandırıcısında – 5⁰S-yə qədər soyuyur. Material balansı azot - hidrogen qarışığının 1000m³ həcminə görə hesablanır.

Verilən şərtə görə tsiklə daxil olan qazlar kq-mol hesabı ilə aşağıdakı kimidir:

$$H_2 \dots\dots\dots \frac{748,5}{22,4} = 53,42$$

$$N_2 \dots\dots\dots \frac{249,5}{22,4} = 11,14$$

$$CH_4 \dots\dots\dots \frac{2}{22,4} = 0,09$$

Cəmi: 64,65

Aşağıdakı şərti işarələrdən istifadə edək:

u – kondensatorlarda alınan ammonyakın miqdarı, kq-mol.

v – su kondensatorunda kondensasiya olunan ammonyakın miqdarı, kq-mol.

ω – sirkulyasiya olunan N_2+H_2 -nin miqdarı, kq-mol.

x – tsikldə olan ammonyakın miqdarı, kq-mol.

y – tsikldə olan CH_4 -ün miqdarı, kq-mol.

z – üfürülən qazla xaric olan H_2 və N_2 -un miqdarı, kq-mol.

Yeni verilən azot-hidrogen qarışığında olan təsirsiz qazlar (CH_4) üfürülən qazla tamamilə xaric edilməlidir və tərkibi $N_2+H_2+CH_4$ -dən ibarət olmalıdır: $z+0,09$ kq-mol.

Üfürülən qaz su kondensatorundan sonra xaric olduğu üçün $30^{\circ}S$ -də o ammonyakla doymuş olur və ammonyakın qarışıqdakı qatılığı aşağıdakı formulla ifadə olunur:

$$\lg C_{NH_3} = 4,1856 + \frac{5,98788}{\sqrt{P}} - \frac{1099,544}{T} \quad (a)$$

$$P = 300atm; T = 273 + 30$$

$$\lg C_{NH_3} = 4,1856 + \frac{5,98788}{\sqrt{300}} - \frac{1099,544}{273 + 30} = 0,908$$

$$C_{NH_3} = 8,1\%$$

* Sadəlik üçün təsirsiz qazların tərkibi CH_4 kimi göstərilir.

Üfürülən qazla gedən ammonyakın miqdarı:

$$\frac{(z + 0,09) \cdot 8,1}{100 - 8,1} = 0,883z + 0,00794$$

Üfürülən qazın ümumi miqdarı:

$$z + 0,09 + 0,0883z + 0,00794 = 1,0883z + 0,9794$$

Təsirsiz qazın (CH_4) miqdarı su kondensatorundan sonra 3% təşkil etdiyindən belə yazıla bilər:

$$\frac{0,09}{1,0883z + 0,09794}$$

$z = 1,68 \text{ kq-mol}$ olduğuna görə:

$$\frac{0,09}{1,0883 + 1,86 + 0,09794} = 0,03$$

Üfürülən qazın ümumi miqdarını z -in qiymətini yerinə yazmaqla hesablamaq olar:

$$1,0883 \cdot 1,86 + 0,09794 = 2,12 \text{ kq - mol}$$

Üfürülən qazla xaric olan ammonyakın miqdarı $0,0883 \cdot 1,86 + 0,00794 = 0,172 \text{ kq-mol}$.

Azot hidrogen qarışığının bir qismi 30°S -də maye ammonyakda həll olur.

1 m^3 ammonyakda həll olan qazların həcmi, m^3 .

$$H_2 \dots\dots\dots 0,07 \frac{(1 - 0,03 - 0,081) \cdot 3}{4} \cdot 300 = 14,0 \text{ m}^3$$

$$N_2 \dots\dots\dots 0,075 \frac{(1 - 0,03 - 0,081) \cdot 3}{4} \cdot 300 = 5,0 \text{ m}^3$$

Burada: 300 – qazın təzyiqi, atm;

0,03 – qaz qarışığında metanın payı;

0,081 – qaz qarışığında ammonyakın payı;
 0,07 və 0,075 – 1m³ ammonyakda H₂ və N₂-un 30⁰ S-də
 1 atm-də həll olmasıdır.

H₂ və N₂-un – 5⁰-də 1m³ ammonyakda həll olması:

$$H_2 \dots\dots\dots 0,03 \frac{3}{4} (1 - 0,03 - 0,0262) \cdot 306 = 9,3 M^3$$

$$N_2 \dots\dots\dots 0,03 \frac{1}{4} (1 - 0,03 - 0,0262) \cdot 306 = 3,47 M^3$$

Burada: 0,043 və 0,048 – (-5⁰ S-də) H₂ və N₂-un həll olması
 306 – buxarlandırıcıda qazın təzyiqi, atm;
 0,0262 – ammonyak buxarlandırıcısında-5⁰-də həll
 olan ammonyakın miqdarı.

Bu miqdar yuxarıdakı formulla (a) hesablanır:

$$\lg C_{NH_3} = 4,1856 + \frac{5,98788}{\sqrt{306}} - \frac{1099,54}{273 - 5} = 0,4186$$

$$C_{NH_3} = 2,62\%$$

30⁰ S-də 1 kq-mol ammonyakda həll olan qazlar:

$$H_2 \dots\dots\dots \frac{14 \cdot 17}{22,4 \cdot 595} = 0,018 kq - mol$$

$$N_2 \dots\dots\dots \frac{5 \cdot 17}{22,4 \cdot 595} = 0,0665 kq - mol$$

Cəmi: 0,0245 kq-mol

Burada: 595 30⁰S-də maye ammonyakın sıxlığıdır, kq/m³
 - 5⁰S-də 1 kq-mol ammonyakda həll olan qazlar:

$$H_2 \dots\dots\dots \frac{14 \cdot 17}{22,4 \cdot 595} = 0,018 kq - mol$$

$$N_2 \dots\dots\dots \frac{3,47 \cdot 17}{22,4 \cdot 645} = 0,0041 \text{ kq} - \text{mol}$$

$$\text{Cəmi: } 0,0151 \text{ kq} - \text{mol}$$

Burada: 645, - 50S-də maye ammonyakın sıxlığıdır, kq/m³.

Maye ammonyakda həll olan ... H_2+N_2 qarışığı:

Su kondensatorunda $v \cdot 0,0245$ kq-mol,

Ammonyak kodensatorunda ... $(u -) \cdot 0,0151$ kq-mol

Sintez kalonundan çıxan qaz qarışığının tərkibi $H_2+N_2+NH_3+CH_4$ cəminə bərabər olub, həmişə tsikldə iştirak edir.

Buraya eyni zamanda üfürülən qazlar və H_2+N_2 də daxil olur.

Göstərilən qazlar maye ammonyakda su koqdensatorunda həll edilir:

$$\omega + x + y + u + 1,0883z + 0,09794 + 0,0245v$$

Bu qarışıqda ammonyakın miqdarı, kq-mol ilə

$$x + u + 0,0883z + 0,00794$$

Qazda ammonyakın payı (mol payı)

$$C_{NH_3} = \frac{x + u + 0,0883z + 0,00794}{\omega + x + y + u + 1,0883z + 0,09794 + 0,0245v}$$

Sintez kalonundan sonra ammonyakın miqdarı formul (b) ilə hesablanır. Bunun üçün 500⁰ S-də \sqrt{K} -ni tapaq

$$\lg \sqrt{K_p} = \frac{2074,8}{500 + 273} + 2,4943 \lg T + 1,256 \cdot 10^{-4} T - 1,8564 \cdot 10^{-7} \cdot T^2 - 2,206 \quad (b)$$

$$T = 773^0 S \quad \text{olduqda} \quad \sqrt{K_p} = 201$$

Tarazlıq halında NH_3 -ün qatılığı:

$$C_{NH_3}^2 - 200C_{NH_3} - \frac{308 \cdot 201}{300} C_{NH_3} + 10 = 0 \quad (v)$$

(v) tənliyini həll etməklə $C_{NH_3} = 26,2\%$ olduğunu tapırıq.

Tarazlıq qatılığı 60% olduğu üçün ammonyakın həqiqi qatılığı:

$$C_{NH_3} = 26,2 \cdot 0,6 = 15,7\%$$

z – daxil olan tənliklərdə $C_{NH_3} = 0,157$ və $z = 1,86$ qiymətlərini yerinə yazdıqda alarıq:

$$\frac{x + u + 0,0883 \cdot 1,86 + 0,00794}{\omega + x + y + u + 1,0883 + 0,09794 + 0,0245v} = 0,157$$

və ya

$$0,843(x + u) - 0,157(\omega + y) - 0,00385v - 0,161 = 0 \quad (q)$$

Su kondensatları azalır, çünki ammonyakın bir qismi və onda həll olmuş H_2 və N_2 ayrılır:

$$\omega + x + y + u + 1,0883z + 0,009794 - v - 0,0245v$$

və ya

$$\omega + x + y + u + 2,12 - 1,0245v$$

Bu qarışıqda ammonyakın miqdarı:

$$u + v + x + 0,0883z + 0,009794$$

və ya $u - v - x + 0,172$. Bu miqdar əvvəlcə tapdığımız 8,1%-ə uyğun gəlir. Onda yazmaq olar:

$$\frac{u - v + x + 0,172}{\omega + x + y + u + 2,12 - 0,0245v} = 0,081$$

və ya

$$0,919(u + x) - 0,081(\omega + y) - 0,0917v = 0$$

Sirkulyasiya nasosundan qabaq, başqa sözlə üfürüləndən sonra qaz qarışığının miqdarı, kq-mol,

$$\omega + x + y + u - v$$

Bu qarışıqda məsələnin şərtinə görə y kq-mol metan iştirak edir ki, bu da 3% təşkil edir.

Onda

$$\frac{y}{\omega + x + y - v} = 0,03$$

və ya

$$\omega + x + y - v - 32,3y = 0$$

Sirkulyasiya kompressorundan sonra qaza əlavə olunan yeni hidrogen-azot qarışığının miqdarı 44,65 kq-mol olduğundan qazın ümumi miqdarı:

$$\omega + x + y + u + v + 44,65 \quad (d)$$

Ammonyak kondensatorunda $(u - v)$ kq-mol NH_3 ayrılır və onda 0,151 $(u-v)$ kq-mol azot-hidrogen həll olmuşdür. Bununla əlaqədar olaraq ammonyak kondensatorundan sonra qazın miqdarı (kq-mol):

$$v + x + y + 44,65 - 0,0151(u - v)$$

Tapdıq ki, bu qarışıqda ammonyakın miqdarı 2,62% təşkil edir:

Onda

$$\frac{x}{\omega + x + y + 44,65 - 0,0151(u - v)} = 0,0262$$

və ya

$$\omega + y + 0,0151(u + v) - 37,2x + 44,65 = 0$$

Sintez kalonunda ammonyakın əmələ gəlməsi hesabına qarışığın həcmi $u+0,172$ kq-mol azalır. Odur ki, sintez kalonundan çıxan qazın miqdarı:

$$\omega + x + y + 44,65 - 0,0151(u + v) - u - 0,172kq - mol$$

0,172 – üfürülən qazın tərkibindəki NH_3 -ün miqdarıdır.

Digər tərəfdən məlumdur ki, sintez kalonundan sonra qazın miqdarı:

$$\omega + x + y + u + 1,0883z + 0,09794 + 0,0245v kq - mol$$

Hər iki ifadəni bərabərləşdirsək alarıq:

$$42,36 - 2,0151u - 0,0094v = 0 \quad (e)$$

(b-e) tənliklər sistemini həll etməklə

$$u = 20,96 kq - mol \quad y = 4,5 kq - mol$$

$$v = 13,55 kq - mol \quad x = 4,9 kq - mol$$

$$\omega = 134 kq - mol$$

olduğunu taparıq.

Sintez kalonuna daxil olan qazın miqdarı:

$$\begin{aligned} \omega + x + y + 44,65 - 0,0151(u - v) &= 134 + 4,94 + 4,5 + \\ &+ 44,65 - 0,0151(20,96 - 13,55) = 187,98 kq - mol \end{aligned}$$

Bu miqdardan:

$$NH_3 \dots\dots\dots 4,94 kq - mol (2,62\%)$$

$$CH_4 \dots\dots\dots 4,5 + 0,09 = 4,59 kq - mol (2,44\%)$$

$$H_2 + N_2 \dots\dots\dots 187,98 - (4,94 + 4,59) = 178,45 kq - mol$$

Kalondan çıxan qazın miqdarı:

$$\begin{aligned} \omega + x + y + 44,65 - 0,0151(u - v) - u - 0,172 &= 134 + 4,94 + \\ &+ 4,5 + 44,65 - 0,0151(20,96 + 4,59) = 136,88 kq - mol \end{aligned}$$

Bu miqdardan:

$$NH_3 \dots\dots\dots 4,94 + 20,96 + 0,172 = 26,072 kq - mol (15,7\%)$$

$$CH_4 \dots\dots\dots 4,59 kq - mol (2,75\%)$$

$$H_2 + N_2 \dots\dots\dots 166,85 - (26,072 + 4,59) = 136,188 kq - mol.$$

Kondensləşən ammonyak:

Su kondensatorunda 13,55 kq-mol

Ammonyak kondensatorunda 20,96-13,55=7,41 kq-mol

Maye ammonyakda həll olan azot-hidrogen qarışığı:

Su kondensatorunda 0,0245 · 13,55=0,33 kq-mol

Ammonyak kondensatorunda ... 0,0151 · 7,41=0,11 kq-mol

Azot-hidrogen qarışığının ammonyaka çevrilən miqdarı:

$$44,65 - 1,86 - 0,33 - 0,11 - 0,09 = 42,26 \text{ kq-mol}$$

1000 m³ ilkin qaza görə ammonyak sintezi tsiklinin material balansı yuxarıdakı qiymətlərə görə aşağıdakı cədvəldə verilir (cədvəl 13).

Beləliklə 21,13 kq-mol ammonyak əmələ gəlir ki, bundan 20,96 kq-mol məhsul kimi xaric olur. 0,172 kq-mol üfürülən qazlarla xaric olaraq itir.

İtirilən ammonyak:

$$\frac{0,172 \cdot 100}{21,13} = 8,15\% \text{ təşkil edir.}$$

Ammonyak sintezinin material balansı

Cədvəl 13.

Komponent	Məlumat	mədaxil məxaric	
		kq-mol	kq-mol
H_2+N_2	1. Yeni qazla daxil edilir	44,65	-
	2. Tsikldən üfürülən qazla xaric olunur	-	1,86
	3. Maye ammonyakda həll olur:		
	a) su kondensatorunda	-	0,33
	b) ammonyak kondensatorunda	-	0,11
	4. Sistemdə sirkulyasiya edir ...	134,00	134,00
5. Ammonyaka çevrilir	-	42,26	
	Cəmi:	178,56	178,56

13-cü cədvəlin davamı

NH_3	1. Kalonda əmələ gəlir	21,13	-
	2. Seperatora ayırılır	-	13,55
	a) Su soyuducusunda	-	7,41
	b) Ammonyak soyuducusunda..	-	-
	3. Üfürülən qazlarla xaric olur..	-	0,172
	4. Sistemdə sirkulyasiya edir.....	4,94	4,94
Cəmi:		26,07	26,072
CH_4	1. Azot-hidrogen qarışığı ilə da- xil olur.....	0,09	-
	2. Sistemdə sirkulyasiya edir	4,50	4,50
	3. üfürülən qazlarla xaric olur...	-	0,09
	Cəmi:	4,59	4,59

1000m³ ilkin qaz qarışığından 42,26 kq-molu ammonyaka çevrilir. Bu, daxil olan N_2 və H_2 qarışığının 95%-ni təşkil edir.

$$\frac{42,26 \cdot 100}{44,56} = 95\%$$

Satış ammonyakına azot-hidrogen qarışığından $20,96 \cdot 2 = 41,92$ kq-mol sərf olunur.

O da $\frac{41,92}{44,56} \cdot 100 = 49\%$ təşkil edir.

İtirilən azot-hidrogen qarışığı:

a) üfürülmədə:

$$\frac{1,86}{44,56} \cdot 100 = 4,2\%$$

b) üfürülən qazlarda itən ammonyakın alınmasına:

$$\frac{0,172 \cdot 2}{44,56} \cdot 100 = 0,8\%$$

v) maye ammonyakda həll olan:

$$\frac{0,44}{44,56} \cdot 100 = 1,0\%$$

1 t ammoniyak almaq üçün ilkin azot-hidrogen qarışığı

$$\frac{1000 \cdot 100}{20,96 \cdot 17} = 2800 m^3$$

tələb olunur.

Material balansı əsasında ayrı-ayrı aparatların istilik balansını da hesablamaq olar.

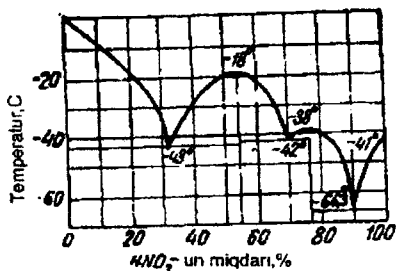
VIII FƏSİL. NİTRAT TURŞUSU İSTEHSALI

Nitrat turşusu çox böyük əhəmiyyəti olan mineral turşulardan biridir. Susuz nitrat turşusu rəngsiz ağır mayedir. Havada tüstülənir. Su ilə istənilən nisbətə qarışır. – 47⁰S-də donur, 86 ⁰S-də qaynayır. Turşunun qaynaması onun qismən parçalanması ilə gedir və azot 4-oksidi ayrılır. Ayrılan azot 4-oksidi turşuda həll olduğundan onu sarı rəngə boyayır.

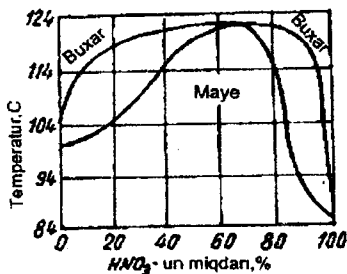
Nitrat turşusu su ilə qarışdıqda ikili sistem əmələ gətirir. Belə sistemin donma temperaturu məhlulun qatılığından asılı olur (şəkil 63). Diaqramdan görünür ki, 32%-li nitrat turşusu –43⁰S-də, 70%-li nitrat turşusu – 42⁰S-də və 89,9%-li nitrat turşusu isə daha aşağı temperaturda – 66,3⁰S-də donur.

Nitrat turşusunun qaynama temperaturu da onun qatılığından asılıdır. Məsələn, 68,5%-li nitrat turşusu 122⁰S-də qaynayır (şəkil 64).

Diaqramdan görünür ki, 122⁰S-də buxar faza ilə maye faza arasında tarazlıq yaranır.



Şəkil 63. HNO₃-H₂O sisteminin hal diaqramı.



Şəkil 64. HNO₃-H₂O sisteminin qaynama diaqramı.

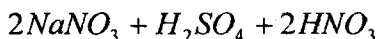
Gübrə sənayesinin inkişaf etdirilməsi ilə əlaqədar olaraq nitrat turşusunun istehsalı getdikcə artır və bu məqsədlə əlverişli üsullar hazırlanmışdır.

Nitrat turşusunun istehsal üsulları

Nitrat turşusu sənayedə üç üsulla istehsal olunur:

1. Sulfat üsulu;
2. Ammonyakın katalitik oksidləşməsi üsulu;
3. Qövs üsulu.

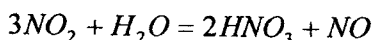
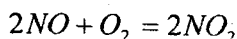
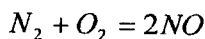
Sulfat üsulu. Bu üsulla nitrat turşusu almaq üçün natrium şorası NaNO₃ qatı sulfat turşusu ilə çuqundan hazırlanmış retortlarda qarışdırılaraq qızdırılır. Alınan nitrat turşusu buxarları soyuduculardan keçdikdə mayeləşir və qəbuledicilərə toplanır. Reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Alınan turşunun qatılığı 96-98% olur. Bu üsulla alınan turşu təmiz olur. Lakin natrium şorasının ehtiyat mənbələrinin məhdudluğunu və sənayenin əksər sahələrində tətbiq olunan sulfat turşusunun çox işləndiyini nəzərə alaraq XX əsrin əvvəllərindən başlayaraq bu üsulla nitrat turşusu almırlar.

Ammonyakın katalitik oksidləşməsi üsulu. Bu üsul çox əlverişli üsuldür. Hazırda ən çox tətbiq olunan üsul nitrat turşusunun ammonyakdan alınması üsuludur.

Qövs üsulu. Bu üsulla nitrat turşusu almaq üçün hava azotundan istifadə edilir. Bu məqsədlə hava azotu elektrik qövsündə oksidləşdirilir. Elektrik qövsünün temperaturu 3000°S-dən çox olur. Bu temperaturda azot oksidləşərək əvvəlcə azot 2-oksidi verir. Havada öz-özünə oksidləşən azot 2-oksidi adsorbsiya olunduqda aşağıdakı reaksiyalar üzrə nitrat turşusuna çevrilir:



Bu zaman ayrılan azot 2-oksidi yenidən oksidləşərək prosesi davam etdirir.

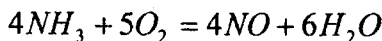
Sənayedə nitrat turşusu üç şəraitdə alınır:

1. Atmosfer təzyiqində;
2. Artıq təzyiqlərdə;
3. Atmosfer təzyiqində və artıq təzyiqlərdə (kombinə edilmiş qurğularda).

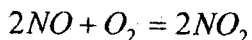
Ammonyakın katalitik oksidləşməsi ilə nitrat turşusu istehsalı

Bu üsulla alınan nitrat turşusu ucuz başa gəlsə də durur. Proses aşağıdakı reaksiyalara əsaslanır:

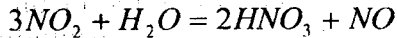
1. Ammonyakın azot 2-oksidi qədər oksidləşməsi:



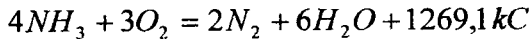
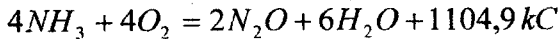
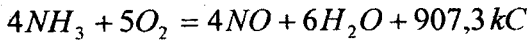
2. Azot 2-oksidi azot 4-oksidiyə çevrilməsi:



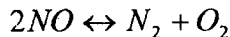
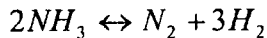
3. Azot 4-oksidin su ilə absorbsiyası:



Ammonyakın katalitik oksidləşməsi ekzotermik prosesdir. Prosesin aparılma şəraitindən asılı olaraq ammonyakın oksidləşməsi reaksiyaları müxtəlif istiqamətlərdə gedir:



Proses kontakt aparatında katalizator üzərində getdiyindən ayrılan istilik prosesin getməsinə kifayət edir. Temperaturun 800-900°C-dən yüksək olması ammonyakın və alınan azot 2-oksidin parçalanması ilə nəticələnir.



Ammonyakın oksidləşməsi katalizator iştirakında azot 2-oksidin, katalizatorsuz isə azotun alınması istiqamətində gedir.

Ona görə də ammonyakın tamamilə azot 2-oksidə oksidləşməsi üçün katalizatorundan istifadə olunur. Elə katalizator seçilir ki, prosesin həm bir istiqamətdə getməsi, həm də prosesə verilən ammonyakın 98%-nin azot 2-oksidə oksidləşməsi təmin olunur. Katalizator olaraq platin və onun ərintilərindən istifadə edilir. Baha olmasına baxmayaraq, hazırda nitrat turşusu istehsal edən bütün zavodlarda platin katalizatorundan istifadə olunur. Bunun əsas səbəbi bu katalizator iştirakında ammonyakın çevrilmə dərəcəsinin ən yüksək olmasıdır. Platin, palladium və rodium metallarının ərintisindən ($Pt+4\% Pd+3,5\% Rh$) hazırlanan nazik telin diametri 0,06-0,09 mm olur və həmin teldən toz hazırlanır. Ammonyakın oksidləşmə dərəcəsi torda olan düyünlərin

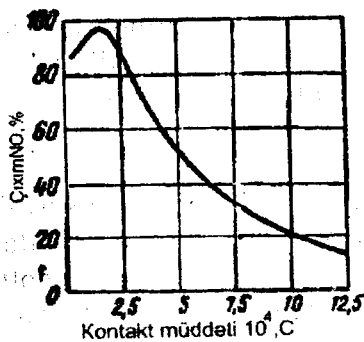
hər sm²-dəki sayından asılıdır. NO-nun ən yüksək çıxımı 1 sm² tordakı düyünlərin sayı 1024 – 1030 olduqda əldə edilir. Əgər oksidləşmə prosesi təzyiqlik altında (8-10 atm) aparılarsa platin-rodium katalizatorundan (*Pt+7,5% Rh*) istifadə edilir. Platinə rodium və palladium əlavə edilməsindən məqsəd katalizator torunun möhkəmliyini artırmaq və platin sərfini azaltmaqdır.

Platin katalizatoru üzərində ammoniyakın oksidləşməsi mürəkkəb heterogen proses olduğu üçün bu proses bir neçə ardıcıl mərhələdən ibarətdir. Bunlardan aşağıdakıları göstərmək olar: 1) reaksiyaya daxil olan maddələrin katalizator səthinə diffuziyası; 2) oksigenin aktiv adsorbsiyası; 3) katalizator səthində molekulların qarşılıqlı təsiri; 4) reaksiya məhsullarının katalizator səthindən desorbsiyası. Göstərilən mərhələlərdən ən az sürətli ammoniyakın katalizator səthinə diffuziya etməsidir. Bu mərhələdə ammoniyakın oksidləşmə sürəti təyin olunur. Oksidləşmə məhsulu olan azot 2-oksidin çıxımına bir sıra amillər təsir göstərir. Bu amillərin bəzilərini nəzərdən keçirək:

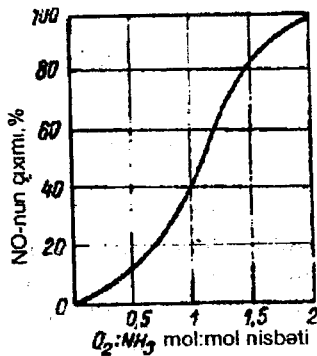
1. **Kontakt müddəti.** Atmosfer təzyiqlik altında ammoniyakın platin-rodium katalizatoru üzərində oksidləşməsinə qaz qarışığının katalizatorla kontakt müddəti böyük təsir göstərir. Belə ki, sabit temperatur və təzyiqlik qazın katalizatorla kontakt müddəti artdıqda azot 2-oksidin çıxımı əvvəlcə artır, sonra isə azalmağa başlayır. Bu əlavə reaksiyaların baş verməsilə izah olunur (şəkil 65). Optimal kontakt müddəti 0,001–0,002 san. hesab edilir. Kontakt müddətini təmin etmək üçün kontakt aparatına bir neçə katalizator toru yerləşdirilir. Həmin torlar paketə qoyulur və hər paketdə 3 – 4 tor olur. Yüksək təzyiqlik şəraitində hər paketdə 15 – 20 tor yerləşdirilir. Hava-qaz qarışığı bütün torlardan keçməklə oksidləşmə prosesini sürətləndirir.

2. **Hava - ammoniyak qarışığının təmizliyi.** Platin katalizatoru çox həssas olur. Odur ki, qaz qarışığında azca mi-

qdar digər qarışıqların olması katalizatoru zəhərləyir. Platin katalizatoru üçün ən qorxulu qarışıq fosfindir. Qaz qarışığında fosfinin miqdarı 0,00001% olduqda belə platin katalizatorun zəhərlənməsi dönməyən olur. Kükürlü birləşmələrlə zəhərlənən katalizatorun aktivliyini bərpa etmək mümkündür. Katalizatorun səthinə tozun, pas hissəciklərinin, sürtgü yağları damlalarının düşməsinə imkan vermək olmaz. Ona görə də hava və ammonyak qarışdırılmazdan əvvəl ayrılıqda diqqətlə təmizlənir. Buna baxmayaraq yenə də müəyyən miqdar qalan qarışıq katalizatorun aktivliyini azaldır. Onun aktivliyini bərpa etmək üçün o, xlorid və nitrat turşularının zəif məhlulu ilə yuyulur. Atmosfer təzyiqi altında işləyən qurğulardakı platin-rodiumkatalizatorunun işləmə müddəti 12-14 ay, yüksək təzyiq altında olduqda isə ondan da azdır. Proses zamanı katalizatorun birqismi itirilir. Odur ki, platin əvəzinə daha ucuz katalizator növü axtarılır.



Şəkil 65. Azot 2-oksidin çıxımına kontakt müddətinin təsiri.



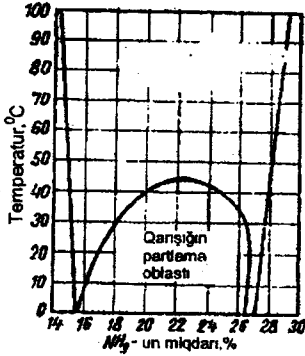
Şəkil 66. Ammonyak-hava qarışığında $NH_3:O_2$ mol nisbətlərindən asılı olaraq azot 2-oksidin çıxımı.

qismi itirilir. Odur ki, platin əvəzinə daha ucuz katalizator növü axtarılır.

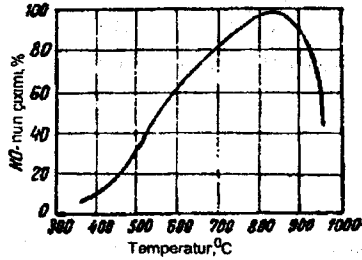
3. $NH_3:O_2$ qarışığının nisbəti. Stexiometrik tənliyə görə reaksiya üçün 1 mol ammonyaka 1,25 mol oksigen lazım olur. Azot 2-oksidin çıxımı o vaxt maksimum olur ki, ammonyak-hava qarışığında ammonyakla oksigenin mol nisbətləri 2,01:1,7 kimi olur (şəkil 66).

Belə qarışıqda ammonyakın miqdarı 9,5 – 11,5% olur. Ammonyak-hava qarışığı müəyyən faiz nisbətində partlayıcı olur. Müəyyən edilmişdir ki, ammonyak-hava qarışığında ammonyakın miqdarı 16%-dən az, 26%-dən çox olduqda qarışıq partlayıcı olur (şəkil 67). İstehsalatda partlayış olmaması üçün $O_2 - NH_3$ qarışığında ammonyakın partlayış ola biləcək intervalına ($16 > NH_3 > 26$) yol verilmir.

İstehsalat şəraitində hava-ammonyak qarışığının partlama intervalına uyğun gəlməyən tərkibindən istifadə edilir.



Şəkil 67. Quru su buxarı ilə doymuş hava-ammonyak qarışığının partlama intervalı.



Şəkil 68. Azot 2-oksid çıxımının temperaturdan asılılıq qrafiki.

4. Temperatur. Ammonyakın katalitik oksidləşməsi zamanı alınan azot 2-oksidin çıxımı temperaturdan da asılı

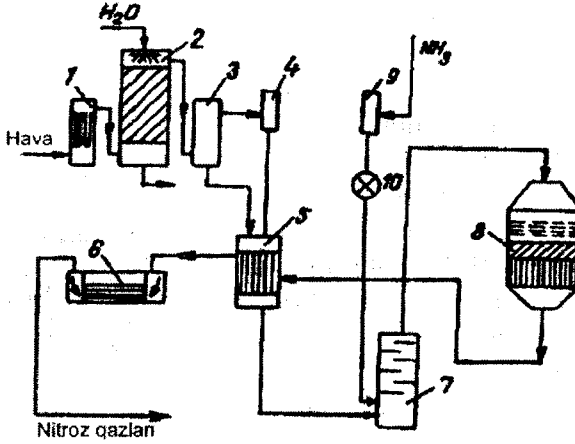
olur. Bu asılılıq platin katalizatoru iştirakında aşağıdakı kimidir (şəkil 68).

Qrafikdən görünür ki, azot 2-oksidin maksimum çıxımı üçün optimal temperatur 850°S-dir.

5. **Təzyiq.** Təzyiqin artması ammoniyakın çevrilmə dərəcəsinə mənfi təsir göstərir. Prosesin artıq təzyiqdə aparılması aparatlarda katalizator torlarının sayını çox tələb edir. Təzyiqin artması ilə çevrilmənin optimal temperaturu da artır. Məsələn, platin-rodium katalizatoru iştirak etdikdə atmosfer təzyiqi altında işləyən aparatlarda temperatur 700-800°S, yüksək təzyiqlərdə isə 800 -900°S olmalıdır.

Atmosfer təzyiqi altında ammoniyakın katalitik oksidləşməsi

Atmosfer təzyiqi altında ammoniyakı oksidləşdirən qurğunun sxemi 69-cu şəkildə göstərilmişdir. Qurğuda əsas aparat kontakt aparatıdır. Aparatın içərisində katalizator torları yerləşdirilmişdir. Bu şəraitdə platin-rodium torlarından istifadə edilir. Ammoniyakın oksidləşmə prosesi ekzotermik olduğu üçün qurğuya verilən nə hava, nə də ammoniyak əvvəlcədən kənarda qızdırılır. Qarışıq yalnız prosedən alınan nitroz qazlarının hesabına qurğunun hava qızdırıcısında 300°S-yə qədər qızır. Proses aşağıdakı kimi gedir. Oksigenlə zənginləşmiş hava və ammoniyak dəqiq təmizləndikdən sonra qarışdırıcıda (7) görüşür. Bu məqsədlə hava əvvəlcə qumaş süzgəcdə (1) mexaniki qarışıqlardan təmizlənir. Ventilyator (4) vasitəsilə sorularaq skrubberdə (2) duru qələvi və ya su ilə yuyulur, damcı tutanda (3) su damcılarından azad olur və nitroz qazlarının istiliyi hesabına qızmaq üçün hava qızdırıcısına (5) daxil olur. 300°S-yə qədər qızmış hava ammoniyakla qarışmaq üçün qarışdırıcıya (7) verilir. Qarışdırıcıya (7) eyni zamanda ventilyator (9) vasitəsilə ammoniyak da verilir. Ammoniyakın qarışdırı-



Şəkil 69. Atmosfer təzyiqi altında ammonyak oksidləşdirən qurğunun sxemi:

1-qumaş süzəgəc, 2-yuyucu skrubber, 3-damcıtutan, 4-hava ventilyatoru, 5-hava qızdırıcısı, 6-utilizasiya qazanı, 7-qarışdırıcı, 8-kontakt aparatı, 9-ammonyak siyirtməsi, 10-ammonyak siyirtməsi.

ciya (7) verilmə sürəti avtomatik işləyən siyirtmə (10) ilə tənzimlənir. Qaz qarışığında ammonyakın miqdarı 10 – 12% olmalıdır. Ammonyak-hava qarışığı təxminən 300^oS temperaturda yuxarıdan kontakt aparatına (8) daxil olur. Aparatda yerləşdirilmiş məsaməli borulardan keçən qaz qarışığı çox xırda mexaniki qatışıqlardan təmizlənir və təmiz halda katalizator torları ilə görüşür. Torlar üzərində oksidləşmə prosesi gedir və qarışığın temperaturu 750 – 800^oS-yə qədər yüksəlir.

Burada əsasən azot 2-oksidi və su buxarı alınır. Reaksiyadan alınan azot 2-oksidi, su buxarı, oksidləşməyən ammonyak və havanın artığı nitroz qarışığı adı ilə 750 – 800^oS temperaturda kontakt aparatının (8) aşağısından xaric olur və öz istiliyini hava qızdırıcısına (5) vermək üçün qızdırıcının boruları arasından keçirilir, istiliyini boruların içərisi ilə

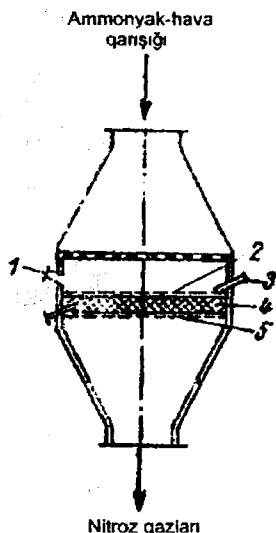
hərəkət edən havaya verir və 500 – 550^oS-də qızdırıcıdan xaric olur. Utilizasiya qazanına daxil olaraq suyu qızdırır, özü isə 190 -200^oS-də absorbsiya olunmaq üçün absorbsiya qurğularına göndərilir.

Lazım olan temperaturdan aşağı dərəcəyə qədər soyudulmasına yol verilməməlidir. Əks təqdirdə bu aparatlarda kondensləşmə nəticəsində az da olsa nitrat turşusu alınabilir ki, bu da həm itkiyə gedər, həm də qazanı aşındırır.

Oksidləşmə qurğusunun əsas aparatı kontakt aparatıdır. Müasir kontakt aparatının sadə sxemi 70-ci şəkildə göstərilmişdir.

Bu aparat üç hissədən ibarətdir. Aparatın diametri 1,5-2,5m, hündürlüyü isə 4 m olur. Kontakt aparatına qaz qarışığı verən bütün borular ya alüminiumdan hazırlanır, ya da içəridən alüminiumla örtülür. Qaz aparata yuxarıdan verilir, katalizator torları (2,5) orta silindrik hissədə yerləşdirilir. Torlar metal dayaqalara (4) bərkidilir. Aparatın aşağı hissəsi hava ilə soyudulmur. Onun gövdəsində baxış pəncərəsi (1) və yandırma deşiyi (3) vardır. Baxış pəncərəsinin köməyi ilə torların vəziyyəti müşahidə olunur.

Proses yüksək təzyiqdə aparıldıqda katalizator torlarının sayı 14-20, atmosfer təzyiqi altında aparıldıqda isə 3-4 olur.



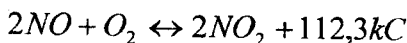
Şəkil 70. Kontakt aparatının sxemi:
1-baxış pəncərəsi, 2,5-katalizator torları, 3-yandırma deşiyi, 4-dayaqlar.

Nitroz qazlarının duru nitrat turşusuna çevrilməsi

Ammonyakın hava oksigeni ilə katalitik oksidləşməsindən alınan nitroz qazlarının tərkibi əsasən azot 2-oksidi NO , azot N_2 , azot 1-oksidi N_2O , su buxarı, oksigen və oksidləşməyən ammonyakdan ibarət olur. Nitrat turşusu isə azot 2-oksidi oksidləşərək azot 4-oksidiə çevrilməsi və onun su ilə absorbsiyasından alınır. Hər iki proses eyni zamanda və eyni aparatda yerinə yetirilir.

Lakin göstərilən proseslərin qanunauyğunluqları müxtəlif olduğundan onlar ayrılıqda nəzərdən keçirilir.

Azot 2-oksidi oksidləşməsi. Azot 2-oksidi azot 4-oksidiə oksidləşməsi aşağıdakı ekzotermik reaksiya üzrə baş verir:



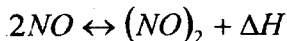
Bu reaksiya nitroz qazlarının nitrat turşusuna çevrilmə reaksiyaları içərisində ən yavaş gedən reaksiya olduğundan prosesin ümumi sürətini də həmin reaksiya müəyyən edir. Azot 2-oksidi oksidləşməsi həcm azalması ilə getdiyindən təzyiqin artması tarazlığın sağa yönəlməsinə səbəb olur. Temperatur $150^{\circ}S$ olana qədər azot 2-oksidi oksidləşməsi tamamilə azot 4-oksidi alınması istiqamətində gedir. nisbətən yuxarı temperaturalarda tarazlıq öz yerini sola dəyişir.

$800^{\circ}S$ -də isə azot 2-oksidi praktik olaraq azot 4-oksidiə çevrilir. NO -nun NO_2 -ə oksidləşməsi prosesi $150^{\circ}S$ -yə qədər demək olar ki, dönməyən olur. Bu şəraitdə reaksiyanın sürəti tənlik (81) ilə müəyyən olunur:

$$\frac{dG_{NO_2}}{d\tau} = KP_{NO}^2 \cdot P_{O_2} \quad (81)$$

Burada: K - reaksiyanın sürət sabiti; P_{NO} - azot 2-oksidi parsial təzyiqi; P_{O_2} - oksigenin parsial təzyiqidir.

Temperaturun yüksəlməsi ilə əksər reaksiyaların sürəti də artır. Lakin azot 2-oksidi azot 4-oksidə oksidləşməsi reaksiyasının sürəti temperaturun artması ilə azalır. Bunun səbəbini izah edən bir neçə fikir vardır. Bunlardan biri NO -nun NO_2 -ə oksidləşməsi və $(NO)_2$ dimerinin əmələ gəlməsi ilə getməsidir:



Sonra alınan limer azot 4-oksidə çevrilir:



Dimerin əmələ gəlməsi döən proses olduğu üçün temperatur artdıqda tarazlıq sola yerdəyişir. Odur ki, sürət sabitinin artmasına baxmayaraq qaz qarışığında dimerin qatılığı azalır və beləliklə oksidləşmə reaksiyasının sürəti də azalır. Oksidləşmə prosesinin sürəti dimerin qatılığından asılıdır:

$$\frac{dG_{NO_2}}{d\tau} = K'P_{(NO)_2} \cdot P_{O_2} \quad (82)$$

Burada: K' - dimerin $(NO)_2$ oksidləşmə reaksiyasının sürət sabiti; $P_{(NO)_2}$ - dimerin parsial təzyiqidir.

Beləliklə, temperaturun artması ilə oksidləşmə reaksiyasının sürəti ona görə azalır ki, azot-2-oksidi dimerinin qatılığı temperaturun artması ilə azalır.

Məsələn, NO -nun qatılığının 10 dəfə azalması oksidləşmə reaksiyasının sürətinin 100 dəfə azalmasına səbəb olur.

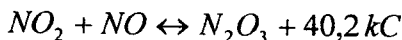
Bu səbəbdən də atmosfer təzyiqi altında işləyən qurğularda NO - nun 92% - i NO_2 - ə çevrilir. NO - nun tamamilə NO_2 -ə çevrilməsi üçün çox vaxt və böyük həcmli aparatlar lazım olur. Təzyiqi artırmaqla reaksiyanın sürətini kəskin sürətdə artırmaq olar.

Məsələn, təzyiğin 10 dəfə artırılması oksidləşmə reaksiyasının sürətini 100 dəfə artırır. Bunun səbəbi NO -nun parsial təzyiqinin artması və 10 dəfə də P_{O_2} -nin artmasıdır. Beləliklə təzyiqi $10^6 H/m^2$ artırmaqla oksidləşmə müddətini və aparatların həcmi 1000 dəfə azaltmaq mümkündür. Ona görə də $10^6 H/m^2$ təzyiqdə NO tamamilə NO_2 -ə oksidləşir və onun 98-99%-ni nitrat turşusuna çevirmək mümkündür.

Oksidləşmə proseslərini sürətləndirmək üçün ağac kömüründən, silikageldən və s. istifadə edilir. Göstərilən maddələr bir katalizator kimi NO -nun NO_2 -ə oksidləşməsini sürətləndirir. Lakin su buxarı həmin katalizatorları tez zəhərləyir. Odur ki, praktikada bunların tətbiq edilməsi çətinləşir. Azot 4-oksidi assosiasiya edərək dimerləşir:

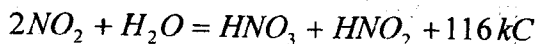


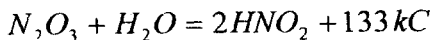
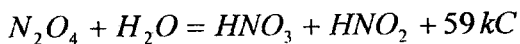
$0^{\circ}S$ -də NO_2 -nin dimerləşməsi 71% təşkil edir. Proses zamanı NO_2 ilə NO qarşılıqlı təsirdə olaraq N_2O_3 əmələ gətirir:



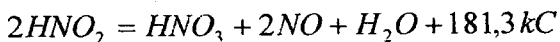
Göründüyü kimi azot 2-oksidi oksidləşməsi, azot 4-oksidi dimerləşməsi və digər azot oksidləri ilə qarşılıqlı təsirdə olması hesabına nitroz qazlarının tərkibi çoxkomponentli olur. Bu tərkibi belə göstərmək olar: NO , NO_2 , N_2O_4 , N_2O_3 , H_2O (bux.) və s. Burada əsas komponent NO_2 hesab edilir.

Azot 4-oksidi absorpsiyası. Qeyd edildiyi kimi, absorpsiya prosesi zamanı absorpsiya olunan əsas komponent azot 4 - oksiddir. Ancaq digər azot oksidləri də oksidləşməklə yanaşı absorpsiya da olunur:





Alınan nitrit turşusu davamsız olduğundan parçalanır:



Absorbsiya qurğularında yüksək azot oksidlərinin absorbsiyası ilə bərabər, *NO*-nun oksidləşmə prosesi də gedir. Bu zaman atmosfer təzyiqi altında işləyən qurğularda absorbsiya sürəti oksidləşmənin sürətindən daha yüksək olur. Hər iki reaksiyanın sürətini bərabərləşdirmək üçün prosesin təzyiqini artırmaq lazım gəlir. Atmosfer təzyiqi altında proses yavaş getdiyindən absorbsiya müddəti uzanır. Buna görə də qurğuların həcmi böyük olmalıdır. Əksinə, təzyiq böyük olduqda absorbsiya prosesi sürətlənir və bu səbəbdən də aparatların həcmi kiçik götürülür. Absorbsiya sistemləri həcmnin təzyiqdən asılı olaraq dəyişməsi 14-cü cədvəldə verilir.

Absorbsiya sistemləri həcmnin təzyiqdən asılılığı

Cədvəl 14.

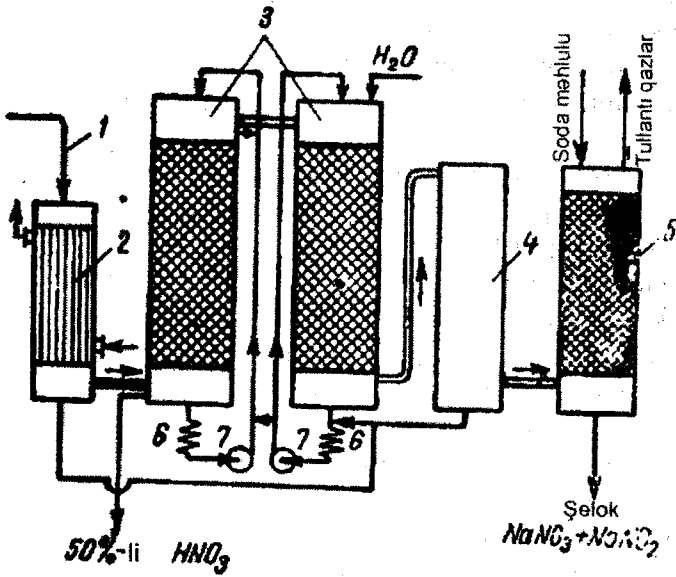
Təzyiq, mm, c. st. ilə	Gündə 1 t <i>HNO</i> ₃ istehsal etmək üçün tələb olunan, absorbsiya həcmi, m ³ ilə
600	56,8
760	22,8
800	18,85
900	12,15
1000	8,08
1140	5,20

Cədvəldən görünür ki, təzyiqi 760 mm-dən 1000 mm-ə qədər artırmaqla absorbsiya həcmi təxminən 3 dəfə azaltmaq mümkündür. Bu da absorbsiya aparatlarının hazır-

lanmasına sərf olunan metal və digər materialların qənaəti və az kapital qoyuluşu ilə əlaqədardır. Həcmi kiçik olan aparatların digər üstün cəhəti odur ki, prosesin aparılması və tənzim edilməsi asanlaşır.

Ona görə də atmosfer təzyiqi altında işləyən qurğularla bərabər yüksək təzyiq altında işləyən qurğular da çox yayılmışdır.

Atmosfer təzyiqində işləyən absorbsiya qurğusunun texnoloji sxemi 71-ci şəkildə göstərilmişdir.



Şəkil 71. Atmosfer təzyiqi altında işləyən absorbsiya qurğusunun texnoloji sxemi:

1-nitroz qazları, 2-borulu soyuducu, 3-absorbsiya qüllələri (sayı 6-dan 10-a qədər olur), 4-oksidləşmə qülləsi, 5-qələvi absorbsiya qülləsi (ən azı 2 ədəd), 6-turşu soyuducuları, 7-suyarma nasosları.

Absorbsiya prosesi aşağıdakı kimi gedir: kontakt qurğusundan (şəkil 69) alınan nitroz qazları (1) 190 - 200^oS-də borulu soyuducunu (2) keçərək 30-40^oS temperatura qə-

dər soyuyur. Bu prosesdə su buxarının kondensləşməsi və nitroz qazlarının qismən NO_2 -ə oksidləşməsi baş verdiyi üçün qatılığı 10–12% olan nitrat turşusu alınır. Bu turşu çox duru olmazsa, ondan qüllələri suvarmaq üçün istifadə edilir, qatılığı 10%-dən az olduqda isə kanalizasiyaya ötürülür. Nitroz qazları borulu soyuducudan absorbsiya qüllələrinə (3) daxil olur. Belə qüllələrin sayı 6-dan 10-a qədər olur. Altı qülləli qurğular daha çox yayılmışdır. Qurğu əks-axın prinsipi üzrə işləyir. Yəni, nitroz qazları birinci, su axırncı qülləyə verilir. Beləliklə də qazla suyun toxunma səthi artır və absorbsiya prosesi daha effektivdir.

Bu məqsədlə həm də absorbsiya qüllələrinin içərisi saxsı halqalarla nizamlı doldurulur. Nitroz qazlarının absorbsiyası və aşağı azot oksidlərinin oksidləşməsi eyni zamanda proses zamanı baş verdiyi üçün birinci absorbsiya qülləsinə təzyiq altında oksigenlə zəngin olan əlavə hava verilir. Bu məqsədlə xüsusi hava ventilyatorundan istifadə edilir. Havanın miqdarı atmosfərə ötürülən tullantı qazlarının tərkibindəki oksigenin miqdarına əsasən tənzim olunur. Tullantı qazlarında oksigenin miqdarı 2,5 – 5,5% olmalıdır. Absorberlərin hər biri öz yığıcısındakı turşu ilə yuxarıdan suvarılır. Bu məqsədlə suvaran nasoslardan (7) istifadə olunur. 6-cı absorbsiya qülləsində əmələ gələn turşu soyuducunu (6) keçərək yığıcıya, oradan da 5-ci, 4-cü, 3-cü və 2-ci qüllələrin yığıcılarına axaraq getdikcə qatılaşır və nəhayət birinci qüllədən ayrılan qatı turşu ilə qarışır. Sistemdən xaric olan turşunun qatılığı 50-52% olur.

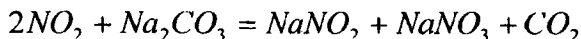
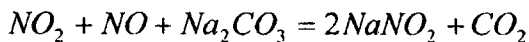
Turşuda həll olan azot oksidlərini ayırmaq üçün turşu 50-60^oS-yə qədər qızdırılır və hava ilə üfürülür. Ayrılan azot oksidləri yenidən absorbsiya qüllələrinə qaytarılır. beləliklə, itkiyə yol verilmir və atmosfərə zəhərli azot oksidləri ötürülmür. Ən qatı turşu 1-ci qüllədə (50%), ən duru turşu isə (7%) 6-cı qüllədə alınır. Yəni birinci qüllədən altıncı qülləyə getdikcə nitroz qazlarının qatılığı azaldığı üçün alı-

nan turşunun qatılığı da qüllədən-qülləyə keçdikcə azalır. Bunu nəzərə alıqda qüllələrin suvarma sıxlığı da müxtəlif olur. Suvarma sıxlığı dedikdə, qüllənin 1 m² en kəsiyindən 1 saat ərzində keçən suvarıcı mayenin m³ ilə miqdarı başa düşülür. Başqa sözlə, 1-ci qüllədən 6-cı qülləyə getdikcə qüllələrin suvarma sıxlığı da azalır. Məsələn, 1-ci və 2-ci qüllələrin suvarma sıxlığı 10 m³/m² · saat olduğu halda 3-cü, 4-cü, 5-ci və 6-cı qüllələrin suvarma sıxlığı 5 – 3 m³/m² · saat olur.

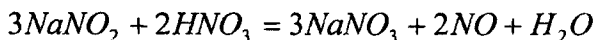
Atmosfer təzyiqi altında işləyən absorbsiya qurğularında nitroz qazlarının absorbsiyası 97-98%-ə çatır.

Son absorbsiya qülləsindən ayrılan qazın tərkibində 0,5-0,8% azot oksidləri (*NO+NO₂*) olur. Bu oksidlərdən istifadə etmək üçün qaz qarışığı qələvi absorbsiya qüllələrində (5) göndərilir.

Qaz qarışığında olan azot oksidlərinin qələvi məhlulu ilə asan udulması üçün qarışıq əlavə oksidləşdirici qüllələrdən (4) keçirilir və azot oksidləri *N₂O₃*-ə qədər oksidləşir. Bu isə qələvi məhlulu ilə absorbsiya olunur. Proses qələvi absorbsiya qüllələrində (5) gedir. Qüllələr 200 – 250 q/l qatılığında *Na₂CO₃* məhlulu və ya tərkibində 120-150 q/l *Ca(OH)₂* olan əhəng suyu ilə suvarılır. Azot oksidlərinin soda məhlulu ilə absorbsiya prosesini aşağıdakı reaksiyalarla ifadə etmək olar:



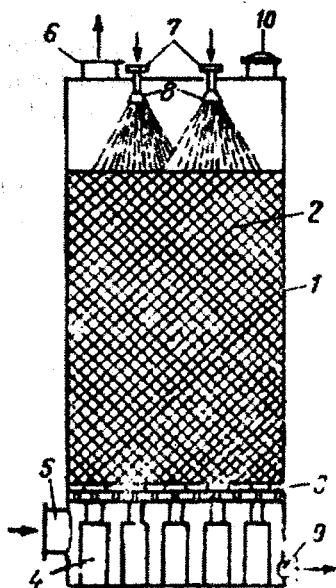
Məhlulda olan natrium nitriti nitrata çevirmək üçün məhlul inversiya aparatına daxil edilir və nitrat turşusu ilə inversiya olunur:



Ümumiyyətlə, atmosfer təzyiqi altında işləyən absorbsiya qüllələrində azot oksidlərinin udulma dərəcəsi 99%-ə yaxın olur.

Atmosfer təzyiqi altında işləyən absorbsiya qurğularının əsas aparatları *absorbsiya qüllələrində*dir. Bu qüllələr paslanmayan poladdan silindr formada hazırlanır. Hündürlüyü 20-25 m, diametri 5 – 7 m olur. Qüllələrdən birinin sxemi 72-ci şəkildə göstərilir.

Qüllənin altında hündürlüyü 1,5 – 2 m olan 5 – 6 dayaq (4) quraşdırılır. Bunun üçün ya qranitdən, ya da turşuya davamlı kərpicdən istifadə olunur. Dayaq (4) üzərində şəbəkə (3) yerləşdirilir. Şəbəkə də qranitdən, yaxud turşuya davamlı kərpicdən hazırlanır. Şəbəkənin üstü 1–2 m



Şəkil 72. Absorbsiya qülləsinin sxemi:

1-gövda, 2-saxsı doldurma, 3-şəbəkə, 4-şəbəkənin dayaqı, 5-qazın giriş yolu, 6-qazın çıxış yolu, 7-suvaran turşu boruları, 8-turşu səpələyən, 9-turşunun çıxış yolu, 10-qülləyə giriş yolu.

hündürlüyündə ölçüləri 100 × 100 mm olan saxsı halqalar, sonrakı həcmi isə 80 × 80 mm ölçülü halqalarla doldurulur. Qüllənin qalan həcmi (3 – 5 m hündürlüyündə) heç nə ilə doldurulmur. Qaz qülləyə aşağıdan daxil olur (5) və yuxarı

qalxır. Şəbəkəni və doldurma halqalarını (2) keçərək yuxarıdan səpələnən suvarıcı turşu ilə qarşılaşır turşu suvarıcı boru (7) ilə verilərək səpələyicinin (8) köməyi ilə bütün qüllə həcminə səpələnir. Həm əks-axın prinsipindən istifadə edilməsi, həm də saxsı halqaların doldurulması turşu ilə nitroz qazlarının toxunma səthini artırır və absorbsiya prosesinin effektiv getməsi təmin olunur. Alınan turşu aşağıdan (9), qalığı qaz isə yuxarıdan (6) xaric olur.

xarıdan (6) xaric olur.

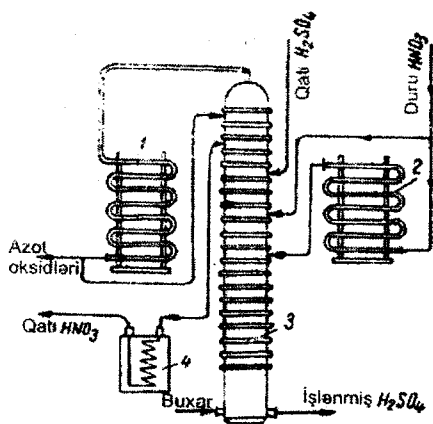
Qələvi-absorbsiya qüllələri də poladdan hazırlanır. Divarlarının qalınlığı 8 – 10 mm olur. Bu qüllələrin həcmi absorbsiya qüllələri həcmnin 10 – 12%-i qədərdir. Qələvi-absorbsiya qüllələrinin içərisi doldurulmur. Qülənin işləmə prinsipi absorbsiya qüllələrinin işləmə prinsipinin eynidir.

Duru nitrat turşusunun qatılaştırılması

Bir sıra müəssisələr üçün yalnız qatı HNO_3 tələb olunur.

Ən çox 96%-li qatı HNO_3 işlədilir. Bu qatılıqda HNO_3 ya duru nitrat turşusunu qatılaştırmaqla, ya da birbaşa sintez yolu ilə alınır. Əksər hallarda duru nitrat turşusunu qatılaştırmaq metodu tətbiq edilir. Bu məqsədlə duru nitrat turşusu qatı sulfat turşusu iştirakında buxarlandırılır. Sulfat turşusundan istifadə etmədikdə, 68,4%-li nitrat turşusu üçün maksimal qaynama temperaturu 121,9⁰S-dir. Bu temperaturda qaz faza ilə maye fazanın tərkibi eyni olur (şəkil 64). Temperaturun sonrakı artması nitrat turşusunun parçalanmasına səbəb olur. Distillə zamanı qatılığı göstərilən qatılıqdan artıq olan nitrat turşusu almaq olmur.

Distillə prosesində sulfat turşusu iştirak etdikdə üçlü sistem $HNO_3 - H_2SO_4 - H_2O$ yaranır. Bu sistemdə sulfat turşusunun miqdarı artırılrsa buxar fazada nitrat turşusu buxarlarının qatılığı artar.



Şəkil 73. Duru nitrat turşusunu qatılaşıdırən qurğunun sxemi:
1-soyuducu kondensator, 2-buxarlandırıçı, 3-qatılaşıdırıcı, 4-soyuducu.

cü şəkilə verilir.

Proses zamanı üçlü sistemdən $HNO_3 - H_2SO_4 - H_2O$ nitrat turşusu buxarlanır. Buxarlar kondensatorda mayələşir. Qatılaşıdırma prosesindən sonra nitrat turşusunun qatılığı 96 – 98% olur.

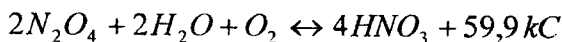
Qatılaşımağa verilən duru nitrat turşusu iki hissəyə ayrılır. Birinci hissə soyuq halda qatılaşıdırıcı kalonun (3) 7 – 8-ci nimçələrinə, ikinci hissəsi buxarlandırıçı (2) keçərək buxar halda 10 – 11-ci nimçələrə verilir. Qatı sulfat turşusu qatılaşıdırıcı kalonun (3) 4-5-ci nimçələrinə daxil olur. qatılaşıdırıcı kalona həmçinin aşağıdan temperaturu 200 -250°S olan buxar verilir. Kalonda üçlü sistem yaranır. Bu temperaturda üçlü sistemdən ayrılan nitrat turşusunun buxarları kalonun yuxarisından çıxaraq soyuducu kondensatora (1) daxil olur. Nitrat turşusunun buxarları kondensləşir və 98-99%-li turşu kimi kalonu suvarmaq və azot oksidlərindən azad olmaq üçün qatılaşıdırıcı kalonun 2-3-cü nimçələrinə

Soyuducu maddə kimi 92 – 94%-li sulfat turşusundan istifadə olunur. Nitrat turşusunun distilləsi nimçəli barbotaj və ya başlıqlı kalonlarda aparılır. Belə kalonlar turşuya davamlı çuqundan (ferrasilid-14-18% Si) hazırlanır və yüksək temperaturda nitrat və sulfat turşularının qarışığına qarşı davamlı olur.

Duru nitrat turşusunu qatılaşıdırən qurğunun texnoloji sxemi 73-

verilir. Yuxarıdan aşağı bir neçə nimçəni keçir və kalondan xaric olaraq turşu soyuducusuna (4) daxil olur. Soyuducuda soyuyur, hazır məhsul kimi qatı halda istehsalata göndərilir. Soyuducu kondensatorda (1) turşudan ayrılan azot oksidləri xüsusi absorbsiya qülləsində su və ya duru nitrat turşusu ilə udularaq 50%-li nitrat turşusu kimi qatılaşmağa göndərilir. Qatılaşdırıcı kalonun aşağısından xaric olan işlənmiş sulfat turşusu 65-70%-li məhlul kimi sulfat turşusunu qatılaşdırıcı qurğuya verilir. Qatı nitrat turşusunun temperaturu kondensatordan sonra 30-40⁰S, işlənmiş duru sulfat turşusunun kalondan çıxan anda temperaturu isə 150-160⁰S olur.

Nitrat turşusunu birbaşa qatı almaq üçün azot 4-oksidi ($2NO_2 \leftrightarrow N_2O_4$) oksidləşdirilir:



Proses xüsusi avtoklavlarda 75⁰S-də və $5 \cdot 10^6$ H/m² təzyiqdə aparılır. Reaksiyaya daxil olmayan azot 4-oksidi əmələ gəlmiş 98-99%-li nitrat turşusundan ayrılaraq yenidən prosesə qaytarılır.

Qatılaşdırıcı kalonun material və istilik balansı

Aşağıdakılar verilir:

Turşuların qatılığı, %-lə	
Duru nitrat turşusu	48
Qatı nitrat turşusu	98
Qatı sulfat turşusu	92
İşlənmiş sulfat turşusu.....	68
Temperatur, ⁰ S-lə	
İlkin turşuların	20
Qatı nitrat turşusunun kondensatordan sonra.....	40
İşlənmiş sulfat turşusunun	165
Nitrat turşusu buxarlarının kalondan çıxan anda.....	90

İfrat qızdırılmış buxarın	250
Kalonda təzyiq, atm	1,5
Nitrat turşusunun çıxımı, %-lə	99

Hesablamanı 1 t nitrat turşusu üçün aparmalı.
48%-li nitrat turşusunun sərfi:

$$\frac{1000}{0,48 \cdot 0,99} = 2105 \text{ kq}$$

O cümlədən:

HNO_3	$2105 \cdot 0,48 = 1010 \text{ kq}$
H_2O	$2105 \cdot (1 - 0,48) = 1095 \text{ kq}$

Kalona daxil olan qatı sulfat turşusunun miqdarını x -lə işarə etsək, onun sərfi $0,92 x$, turşu ilə daxil olan suyun miqdarı isə $0,08 x$ olar.

Qatılaştırıcı kalondan qaz fazada çıxır:

HNO_3	1010 kq
H_2O	$1010 \cdot \frac{2}{98} = 20,6 \text{ kq}$
Cəmi: $1030,6 \text{ kq}$	

Maye fazada çıxır:

HNO_3	$0,92 x \text{ kq}$
H_2O	$0,92 \cdot \frac{(100 - 68)}{68} = 0,434 x$
Cəmi: $1,354 x$	

İfrat qızmış buxarla daxil olan suyun miqdarını (kq) y -lə işarə etsək, suyun balans tənliyi:

$$0,08x + 1095 + y$$

və ya

$$0,354x = 1074 + y$$

Verilmiş tənliyə buxarın miqdarı y (kq ilə) daxil olduğundan material balansını müqayisə etmək üçün istilik balansının hesablanması vacibdir.

İstilik mədaxili

1. 92%-li sulfat turşusunun 68%-ə qədər durulaşması zamanı yaranan istilik aşağıdakı formulla hesablanır:

$$Q_2 - Q_1 = \frac{n_2 \cdot 17680}{n_2 + 1,7983} - \frac{n_1 \cdot 17680}{n_1 + 1,7983}$$

92%-li H_2SO_4 -də onun miqdarı (kq-mol ilə)

$$H_2SO_4 \dots\dots\dots x \frac{0,92}{98} = 0,0094 x$$

$$H_2O \dots\dots\dots x \frac{0,08}{58} = 0,0044 x$$

Buradan:

$$n_1 = \frac{0,0044 x}{0,0094 x} = 0,47$$

68%-li sulfat turşusunun $1,3159 x$ kq-nda turşunun miqdarı (kq-mol ilə);

$$H_2SO_4 \dots\dots\dots \frac{1,354 x \cdot 0,68}{98} = 0,0094 x$$

$$H_2O \dots\dots\dots \frac{1,354 x \cdot 0,32}{18} = 0,24 x$$

Buradan:

$$n_2 = \frac{0,024 x}{0,0094 x} = 2,6$$

100%-li sulfat turşusunun 68%-li qatılığa qədər durulaşması zamanı ayrılan istilik:

$$Q_1 = \frac{17860 \cdot 2,6}{2,6 \cdot 1,798} = 10554 \text{ kkal kq} - \text{mol}$$

92% qatılığa qədər durulaşması zamanı ayrılan istilik:

$$Q_2 = \frac{17860 \cdot 0,47}{0,47 \cdot 1,798} = 3700 \text{ kkal kq} - \text{mol}$$

Sulfat turşusunun 92%-dən 68%-ə qədər durulaşması zamanı ayrılan istilik:

$$Q = Q_1 - Q_2 = 10554 - 3700 = 6854 \text{ kkal kq} - \text{mol}$$

1 t HNO_3 - ə müvafiq olan istilik mədaxili:

$$q_1 = 0,0094 x \cdot 6854 = 64,4 x \text{ kkal}$$

2. Fiziki istilik:

a) nitrat turşusunun:

$$q_2 = 2105 \cdot 0,66 \cdot 20 = 27800 \text{ kkal}$$

Burada: 0,66 48%-li HNO_3 -ün istilik tutumudur.

b) qatı sulfat turşusunun:

$$q_3 = x \cdot 0,38 \cdot 20 = 7,6 x \text{ kkal}$$

Burada: 0,38 92%-li sulfat turşusunun istilik tutumudur (kkal/kq-dər).

3. İfrat qızmış buxarın istiliyi 1,5 atm. təzyiqdə doymuş buxarın istiliyi ilə (643,8 kkal/kq) həmin təzyiqdə buxarın 109,3°S-dən 250°S-yə qədər qızması üçün lazım olan istiliyin cəmindən ibarətdir:

$$q_4 = y [643,8 + 0,475(250 - 109,3)] = 710,6 y \text{ kkal / kq}$$

Burada: 0,475-buxarın istilik tutumudur (kkal/kq-dər).

4. Havanın fiziki istiliyi. 1 t nitrat turşusu almaq üçün 45 m³ hava sorulur.

$$q_5 = 0,24 \cdot 20 \cdot 37,5 = 180 \text{ kkal}$$

Burada: 0,24 havanın istilik tutumudur (kkal/kq-dər.).

45 : 1,29 = 37,5 havanın çəkisi, kq.

1,29 – 20°S-də havanın sıxlığıdır, kq/m³.

5. Kondensatordan daxil olan nitrat turşusunun fiziki istiliyi. Bu zaman nitrat turşusu həll olmuş azot oksidlərindən azad olur:

$$q_6 = 1020 \cdot 0,475 \cdot 40 = 19500 \text{ kkal}$$

Burada: 0,475 98%-li sulfat turşusunun istilik tutumu (kkal/kq/dər.);

1020 – qatı turşunun (98%-li HNO_3) istilik tutumu (1 t HNO_3 üçün);

40 – turşunun temperaturu, °S.

Mədxil olunan istiliyin ümumi miqdarı:

$$\begin{aligned} 64,4x + 27800 + 7,6x + 710,6y + 180 + 19500 = \\ = 72x + 710,6y + 47480 \text{ kkal} \end{aligned}$$

İstilik məxarici

Bunlar aşağıdakılardan ibarətdir:

1. 48%-li HNO_3 turşusunu 98%-li turşuya qədər qatılaşıdırmaq üçün sərf olunan istilik. 100%-li HNO_3 -ün 48%-li turşuya qədər durulaşma istiliyi 6300 kkal/kq-mol. Nitrat turşusunun 100%-dən 98%-ə qədər durulaşma istiliyi 400 kkal/kq-mol. Nəhayət, 48%-li nitrat turşusunun 98%-ə qədər qatılmağı üçün sərf olunan istilik:

$$q_1 = \frac{1010}{63} (6300 - 400) = 94600 \text{ kkal}$$

2. 98%-li nitrat turşusu buxarlarının 90°S-dəki fiziki istiliyi (onların istilik tutumu 0,475 kkal/kq-dər.).

$$q_2 = 1030,6 \cdot 0,475 \cdot 90 = 44000 \text{ kkal}$$

3. Nitrat turşusunun buxarlanmasına sərf olunan istilik:

$$q_3 = 1010 \cdot 115 = 116000 \text{ kkal}$$

Burada: 115 100%-li nitrat turşusunun buxarlanma istiliyi-dir (kkal/kq).

4. 98%-li nitrat turşusundan 2% suyun buxarlanma istiliyi:

$$q_4 = 20 \cdot 540 = 10800 \text{ kkal}$$

Burada: 540 – suyun buxarlanma istiliyi, kkal/kq.

5. 68%-li sulfat turşusunun 165⁰S-dəki fiziki istiliyi.

$$q_5 = 1,354x \cdot 0,482 \cdot 165 = 107,8x \text{ kkal}$$

Burada: 0,482 68%-li sulfat turşusunun istilik tutumu kkal/kq-dər.

6. 90⁰S-ə qədər qızdırılmış sorulan havanın fiziki istiliyi.

$$q_6 = 37,5 \cdot 0,246 \cdot 90 = 830 \text{ kkal}$$

Burada: 0,246 – havanın istilik tutumu, kkal/kq-dər.

7. 98%-li nitrat turşusu ilə kalondan çıxan istilik.

$$q_7 = 1020 \cdot 0,475 \cdot 85 = 41250 \text{ kkal}$$

Burada: 0,475 98%-li nitrat turşusu buxarlarının istilik tutumu, kkal/kq-dər.

85 – turşunun soyuducuya daxil olduğu andakı temperatur, ⁰S.

Kalondakı ümumi istilik məxarici:

$$94600 + 44000 + 116000 + 10800 + 107,8x + \\ + 830 + 41250 = 307480 + 107,8x$$

Mədaxil olunan istiliyin 3,5%-nin itdiyini nəzərə almaqla kalonun məxaric istilik balansı tənliyini almaq olur:

$$307480 + 107,8x = (72x + 710,6y + 47480) \cdot 0,965$$

və ya

$$270520 + 39,4x - 710,6y = 0$$

Bu tənliyi kalondakı suyun balans tənliyi ilə birgə həll etməklə

$$0,354x = 1074,4 + y$$

$$x = 49000 \text{ kq}, \quad y = 655 \text{ kq}$$

olduğunu tapırıq.

x və y -in qiymətlərindən istifadə etməklə prosesin material balansını təyin etmək olur.

Kalona daxil olan qatı sulfat turşusunun mədaxili:

$$H_2SO_4 \dots\dots\dots 0,92 \cdot 4900 = 4510 \text{ kq}$$

$$H_2O \dots\dots\dots 0,08 \cdot 4900 = 390 \text{ kq}$$

İşlənmiş sulfat turşusunun miqdarı:

$$H_2SO_4 \dots\dots\dots 4510 \text{ kq}$$

$$H_2O \dots\dots\dots 0,434 \cdot 4900 = 2120 \text{ kq}$$

92%-li sulfat turşusunun 58%-ə qədər durulaşması zamanı ayrılan istilik:

$$64,4 \cdot 4900 = 316000 \text{ kkal}$$

Kuporos yağının fiziki istiliyi

$$7,6 \cdot 4900 = 37200 \text{ kkal}$$

Su buxarının istilik tutumu (kkal/kq-dər.).

$$710,6 \cdot 655 = 465000 \text{ kkal}$$

İşlənmiş sulfat turşusunun fiziki istiliyi

$$107,8 \cdot 4900 = 528000 \text{ kkal}$$

Qatılaştırıcı kalonun material balansı

Cədvəl 15.

Mədaxil	kq	Məxaric	kq
1. Zəif nitrat turşu HNO_3 H_2O	1010 1095	1. Qatı nitrat turşu HNO_3 H_2O	1000 20
2. Kuporos yağı H_2SO_4 H_2O	4510 390	2. İşlənmiş sulfat turşusu H_2SO_4 H_2O	4510 2120
3. Su buxarı	655	3. İtən nitrat turşusu HNO_3	10
Cəmi:	7660	Cəmi:	7660

Ətraf mühitdə itən istilik:

$$865680 \cdot 0,035 = 30200 \text{ kkal}$$

Qatılaştırıcı kalonun istilik balansı

Cədvəl 16.

Mədaxil	kq	Məxaric	kq
1	2	3	4
1. Zəif nitrat turşusunun fiziki istiliyi	27800	1. Qatı nitrat turşusunun fiziki istiliyi	41250
2. Kuporos yağının fiziki istiliyi	37200	2. İşlənmiş sulfat turşusunun fiziki istiliyi	528000
3. Su buxarının istilik tutumu	465000	3. Nitrat turşusunun qatılmasına sərf olunan istilik	94600
4. Sorulan havanın fiziki istiliyi	180	4. Monohidrat nitrat turşusunun buxarlanma istiliyi	116000
5. Kondensatordan çıxan qatı nitrat turşusunun fiziki istiliyi	19500	5. 98%-li nitrat turşusu buxarlarının istiliyi	44000

6. Sulfat turşusunun durulaşması zamanı ayrılan istilik	316000	6. Suyun buxarlanmasına sərf olunan istilik	10800
		7. Qızdırılmış sorulan havanın fiziki istiliyi	830
		8. istilik itkisi	30200
Cəmi:	865680	Cəmi:	865680

IX FƏSİL. ELEKTROKİMYƏVİ PROSESLƏR

Sabit elektrik cərəyanının təsiri altında baş verən kimyəvi proseslərə elektrokimyəvi proseslər deyilir. Elektrokimyəvi proseslər əsasən metallurgiya sahəsində tətbiq olunur. Sənayedə istehsal olunan metalın 80-90%-i elektrokimyəvi yolla alınır. Elektrokimyəvi proseslərin daha geniş tətbiq olunmasının səbəbi kimyəvi proseslərdən aşağıdakı üstünlükləri ilə fərqlənməsidir: 1) texnoloji proses nisbətən sadələşir; 2) xammal və enerjiden tam istifadə olunur; 3) proses zamanı eyni vaxtda bir neçə qiymətli məhsul alınır; 4) alınan məhsul daha təmiz olur.

Göstərilən üstün cəhətlərinə görə xlor, müxtəlif qələvilər, hidrogen, oksigen, müxtəlif qeyri-üzvi oksidləşdiricilər (permanqanatlar, persulfatlar, peroksidlər və s.) kimi ən qiymətli sənaye xammalları elektrokimyəvi üsulla alınır. Bir çox metalların (alüminium, sink, maqnezium, miss, natrium, xrom və s.) alınması, təmizlənməsi və korroziyadan qorunması da bu prosesə əsaslanır.

Elektroliz prosesi bir sıra üzvi birləşmələrin sintezi üçün də tətbiq olunur. Pinakon, sebatsin turşusu, antraxinon, xinon və s. bu üsul ilə alınır. Elektroliz prosesləri aparılan aparatlar elektroliz vannaları, yaxud elektrolizyor ad-

lanır. Proses zamanı sabit cərəyan məhlul və ya ərinti içəri-sində anoddan katoda axır.

Katodda *reduksiya*, anodda *oksidləşmə* prosesləri gerçəkdir. Elektrodlarda ayrılan maddələrin miqdarı Faradey qanunlarına görə hesablanır:

$$m = \frac{J \cdot \tau \cdot A}{n \cdot F} \quad (83)$$

Burada: m - elektrod üzərində maddənin miqdarı, q-la;

J - cərəyan şiddəti, a ilə;

A - ayrılan elementin atom kütləsi;

n - elementin valentliyi;

τ - elektroliz müddəti, san. ilə;

F - Faradey sabiti (96500 kulon və ya 26,8 a · saat; 1 a · saat = 3680 Kl).

Elektroliz prosesində cərəyandan tam və səmərəli istifadə edilməsi çox böyük əhəmiyyətə malikdir. Ona görə də bu prosesdə «cərəyana görə çıxım» və «enerjidən istifadə əmsalı» əsas amillər hesab edilir.

Elektroliz zamanı təcrübədə alınan maddə miqdarının $m_{\text{təcr}} n\text{əzəri}$ hesablanmış maddə miqdarına $m_{\text{nəz}}$ nisbətində cərəyana görə çıxım deyilir:

$$\eta = \frac{m_{\text{təcr}}}{m_{\text{nəz}}} \cdot 100\% \quad (84)$$

Nəzəri çıxım aşağıdakı kimi hesablanır:

$$m_{\text{nəz}} = \frac{J \cdot \tau \cdot E}{1000} \quad (85)$$

Burada: $m_{\text{nəz}}$ - alınan maddənin nəzəri hesablanmış miqdarı, kq-la;

J - cərəyan şiddəti, a ilə;

τ - elektroliz müddəti, saatla;

E - elektrokimyəvi ekvivalentdir.

Cərəyana görə çıxım həmişə 100%-dən az olur. Bunun səbəbi, elektroliz vannalarının yaxşı izolyasiya olunmadıqları üçün cərəyanın müəyyən qisminin itməsidir.

Elektroliz prosesini aparmaq üçün nəzəri tələb olunan enerji miqdarının təcrübədə sərf olunan enerji miqdarına nisbətində enerjidən istifadə əmsalı deyilir:

$$\mu = \frac{W_{nəz}}{W_{təc}} \cdot 100\% \quad (86)$$

Praktikada sərf olunan enerji həmişə nəzəri tələb olunan enerjidən çox olur. Bunu nəzərə aldıqda enerjidən istifadə əmsalı aşağıdakı formulla hesablanır.

$$\mu = \frac{W_{nəz}}{W_{təc}} \cdot \eta\% \quad (87)$$

η - cərəyana görə çıxımdır.

Elektroliz etmək üçün duzların sulu məhlulları, yaxud ərintiləri götürülür. Sulu məhlulların elektroliz prosesləri içərisində *NaCl* məhlulunun elektrolizi daha çox yayılmışdır. Çünki *NaCl* yataqları çox, ehtiyatı isə tükənməzdir.

Natrium-xlorid məhlulunun elektrolizi.

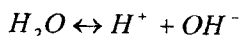
Xlor və hidrogen istehsalı

Natrium-xlorid məhlulunun elektrolizi nəticəsində hidrogen, xlor və natrium –hidroksid (kaustik soda) alınır. Elektroliz qanunlarından və yuxarıdakı formullardan belə nəticəyə gəlmək olur ki, elektrik enerjisinə qənaət etmək və enerjidən istifadə əmsalını artırmaq üçün cərəyana görə çıxımı mümkün qədər artırmaq, vannada isə gərginliyi azaltmaq lazımdır. Bu məqsədlə elektrolitin müqavimətini aşağı salmaq, qatılığını artırmaq, qızdırmaq, ona turşu və ya başqa maddələr əlavə etmək lazım gəlir.

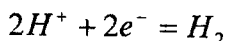
Natrium-xlorid elektrolizə verilməzdən əvvəl mexaniki qatışıqlardan, habelə Ca və Mg duzlarından təmizlənir. Təmizlənmə əhəng-soda üsulu ilə aparılır.

Elektroliz prosesi bərk katodlu və cıvə katodlu vannalarda aparılır. Bərk katodlu vannalarda anodla katod zonaları arasına diafraqma yerləşdirilir. Bərk katod olaraq dəmirdən istifadə olunur. Anod kimi qrafit işlədilir.

Məlumdur ki, elektroliz vannasında Na^+ , H^+ , Cl^- və OH^- ionları aşağıdakı tənliklər üzrə mövcud olur.

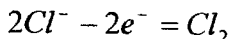


Aydındır ki, natrium və hidrogen ionları (Na^+ , H^+) katodda, \overline{Cl} və \overline{OH} ionları isə anodda yüksüzləşməlidir. Lakin hidrogen ionlarının yüksüzləşmə potensialı natrium ionlarının yüksüzləşmə potensialından az olduğu üçün katodda ancaq hidrogen ionları yüksüzləşir və katoddan hidrogen ayrılır.

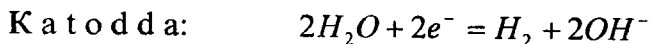


Katod zonasından həm də $NaOH$ alınır.

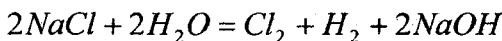
Anodda isə xlor və hidroksil ionlarının yüksüzləşməsi hesabına xlor və oksigen alınmalıdır. Lakin qrafit anod üzərində oksigen ayrılması üçün lazım olan ifrat gərginlik xlorun ayrılması üçün lazım olan ifrat gərginlikdən çoxdur. Odur ki, anoddan ancaq xlor qazı ayrılır:



Həmin prosesləri müasir təsəvvürlər əsasında izah etdikdə katod və anod üzərində gedən oksidləşmə-reduksiya prosesləri aşağıdakı tənliklərlə ifadə olunur:



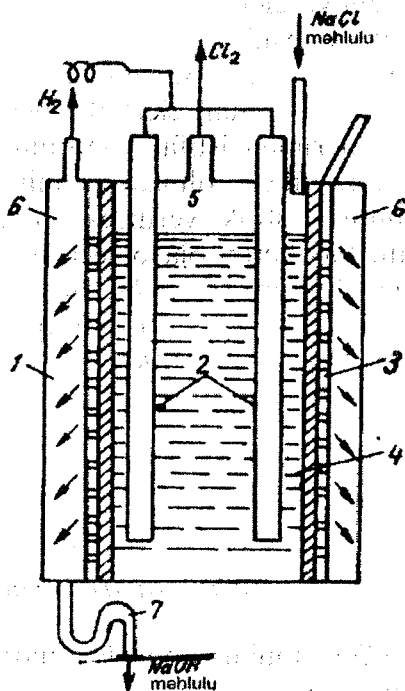
Molekulyar formada yüksüzləşmə tənliklərini belə yazmaq olar:



Natrium - xloridin sulu məhlulunun elektroliz prosesinin texnoloji sxemi aşağıda verilir (şəkil 74).

Elektroliz prosesi üçün işlədilən diafraqmalı elektrolizyor anod və katod zonalarından ibarətdir. Katod (3) də mirdən, anod (2) qrafitdən hazırlanır. Anod və katod zonaları diafraqma (4) ilə bir-birindən ayrılır. Diafraqma qələvi və turşuya davamlı yarımpəçirici materialdan hazırlanır. Diafraqma katoda birləşdirilir, anod isə bunlardan tamamilə ayrı yerləşdirilir.

Natrium-xloridin məhlulu kənardə qızdırıldıqdan sonra vannanın anod zonasına (5) verilir. elektroliz prosesində məhlulun səviyyəsini daim sabit saxlamaq üçün vannaya arasıkəsilmədən natrium-xlorid məhlulu əlavə olunur. Sistemə verilən sabit cərəyanın təsirilə anod zonasından xlor, katod zonasından (6) hidrogen qazı və natrium-hidroksid məhlulu ayrılır. Natrium-hidroksid məhlulu vannanın aşağısından xüsusi sifon (7) vasitəsilə xaric olur. Bu pro-



Şəkil 74. Diafraqmalı elektroliz vannasının sxemi:

- 1-gövde, 2-qrafit anodlar, 3-dəmir katod, 4-diafraqma, 5-anod sahəsi, 6-katod sahəsi, 7-sifon.

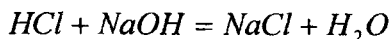
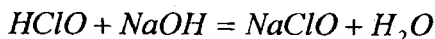
sesdə əsas məqsəd xlor qazı almaqdır. Bu tip qurğuda natrium xlorid ərintisini də elektroliz etməklə xlor alınır.

Dəmir katodlu vannaların iş prinsipi ondan ibarətdir ki, anod sahəsinə daxil olan duz məhlulu, diafraqmadan süzülərək

katod üzərinə keçir, katod prosesi nəticəsində alınan $NaOH$ axaraq katod sahəsinin dibinə yığılır, ayrılan hidrogen isə katod sahəsinə doldurur və nəticədə hər ikisi vannadan xaric olur.

Sənaye elektroliz vannaları yığcam olmalı, oraya doldurulan məhsul əvvəlcədən qızdırılmalı və proses yüksək temperaturda aparılmalıdır. Beləliklə, elektrolitin qızdırılmasına sərf olunan elektrik enerjisinə qənaət edilmiş olur. Bu da enerjiden istifadə əmsalını artırır. Enerjiden istifadə əmsalının yüksək olmasını təmin etmək üçün vannadan ətraf mühitə istilik verilməsinin qarşısı alınmalıdır. Proses zamanı baş verən əlavə reaksiyalar hesabına vannanın cə-rəyana görə çıxımı azalır. Belə ki, anodda ayrılan xlorun bir qismi məhlulda həll olaraq su ilə reaksiyaya daxil olur ($Cl_2 + H_2O = HClO + HCl$).

$NaOH$ məhlulu anod zonasına nüfuz edərsə hipoxlorit və xlorid turşuları ilə neytrallaşır və nəticədə natrium hipoxlorit və natrium xlorid əmələ gəlir:



ClO^- ionları anod üzərində də ClO_3^- ionlarına qədər oksidləşir. Nəticədə hipoxlorit və xloratlar alınır.

Vannalara verilən $NaCl$ məhlulunun qatılığı 305-315 q/l, natrium xloriddən istifadə dərəcəsi isə 45-50% olur.

Vannadan xaric olan məhsullar içərisində $NaOH$ -in miqdarı 110-120 q/l, $NaCl$ -in miqdarı isə 180-170 q/l olur.

Belə halda vannanın cərəyanına görə çıxımı aşağıdakı formulla hesablanır:

$$\eta = 1 - \frac{0,82}{1 + 0,512 \frac{C_1}{C_2}} \quad (88)$$

Burada: C_1 və C_2 $NaCl$ və $NaOH$ -in məhluldakı uyğun qatılıqlarıdır.

Tənlikdən aydın olur ki, $NaOH$ -in qatılığı artdıqda və $NaCl$ -in qatılığı azaldıqda cərəyanına görə çıxım azalır.

Ərintilərin elektrolizi. Alüminium istehsalı

Ərintilərin elektrolizi nisbətən yüksək temperaturda aparılır. Ərimiş elektrolitlər əsasən ümumi elektrokimyəvi qanunauyğunluqlara tabe olmasına baxmayaraq onların spesifik xüsusiyyətləri də vardır.

Elektrolitdən sabit elektrik cərəyanı keçdikdə ayrılan istiliyin hesabına temperatur yüksəlir. Ona görə də elektrik cərəyanının enerjisi maddənin parçalanmasına, elektrolitin əriməsinə və itən enerjinin kompensasiyasına sərf olunur. Elektroliz prosesini mümkün qədər aşağı temperaturda aparmaq üçün elektrolit kimi çox komponentli mürəkkəb qarışıq götürülür.

Belə qarışıqların ərimə intervalı $310 - 1400^{\circ}S$ -yə qədər ola bilər.

Alüminium da belə mürəkkəb qarışıqdan – boksitlə kriolitlə qarışıqından alınır.

Alüminium yüngül ($d=2,7 \text{ q/sm}^3$), $659^{\circ}S$ -də əriyən və $2500^{\circ}S$ -də qaynayan metaldır. O yüksək elektrik və istilik-keçiricilik qabiliyyətinə malikdir. Oksidləşdirici mühitdə, məsələn, havada alüminiumun üzəri sıx oksid təbəqəsi ilə örtülür. Bu təbəqə alüminiumu korroziyaya qarşı davamlı edir. Alüminium qatı nitrat turşusu və üzvi turşuların təsirinə davamlıdır.

Alüminiumun mexaniki möhkəmliyini artırmaq və qəliblərə tökülmək qabiliyyətini yaxşılaşdırmaq üçün o, digər metallarla birlikdə əridilir.

Ən çox yayılmış alüminium ərintisi duralümin ($Al + Mg + Cu + Mn$) və silumindir ($Al + Si$). Alüminium ərintilərinin yüngül və möhkəm olması onları təyyarə istehsalında, maşınqayırmada, yüksək istilik və elektrikkeçiriciliyi olduğu üçün elektrotexnikada, mühərrik istehsalında və s. tətbiq etməyə imkan verir.

Kimya sənayesində alüminium və onun ərintilərindən hazırlanan borular, rezervuarlar, müxtəlif aparatlar və s. tətbiq olunur.

Alüminium almaq üçün əsas xammal müxtəlif boksitlərdən, nefelin və alunitdən alınan qlinozemdir (Al_2O_3). Burada boksitlər əsas yer tutur. Boksitlərin tərkibində əsasən $Al(OH)_3$ və $AlOOH$, qarışıq kimi isə dəmir oksidləri, silisium 4-oksidi (kremnezem) və s. olur. Boksitlərdən alüminium oksid (qlinozem) almağın əsas mahiyyəti onun tərkibində olan alüminium hidroksoidi başqa qarışıqlardan ayırmaqdan ibarətdir. Bu məqsədlə boksiti əvvəlcə xırdalayır, qızdırır, soyudur, çökdürür və süzülür.

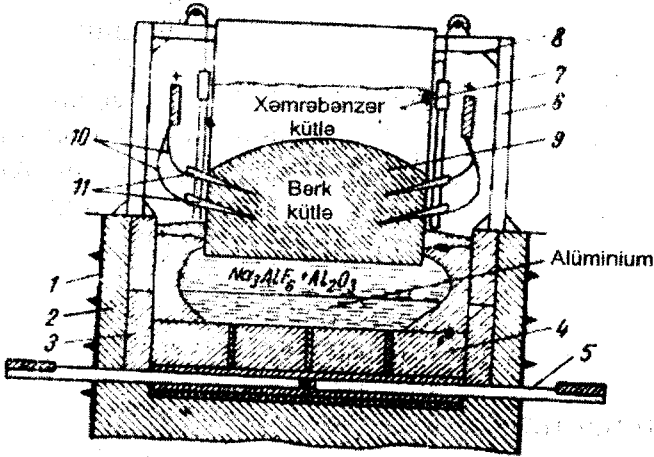
Alınan alüminium-hidroksid soda ilə birgə əridildikdə, yaxud natrium-hidroksidlə qələviləşdirildikdə natrium alüminata $NaAlO_2$ çevrilir. Natrium alüminat suda həll olduğu üçün başqa qarışıqlardan ayrılır. Silisium 4-oksidi az da olsa SiO_3^{-2} formasında suda həll olduğu üçün alüminatı çirkləndirir. Ona görə də onu məhluldan $CaO \cdot 2SiO_2 \cdot Al_2O_3$ kimi çökdürür və süzülür.

Təmiz natrium-alüminat məhluluna karbon qazı buraxdıqda Na^+ ionları sodaya çevrilir və $Al(OH)_3$ çökür.

Ayrılan $Al(OH)_3$ közərtildikdə 99%-li Al_2O_3 alınır.

Alüminium istehsal edən qurğunun sxemi 75-ci şəkildə verilir. Alüminium qlinozemin kriolitdəki Na_3AlF_6 ərinti-

sindən istehsal olunur. Qlinozemi əridilmiş kriolitdə həll etdikdə onun ərimə temperaturu təxminən 1000°S aşağı düşür, digər tərəfdən elektrikkeçiriciliyi artır. Ərimə tempe-



Şəkil 75. Özü yanan anodla işləyən elektrolizyorda alüminium istehsalının sxemi:

- 1-gövdə, 2-odadavamlı örtük, 3-kömür plitələr, 4-kömür bloklar, 5-cərəyandaşıyan şinlər (katod), 6-çərçivə, 7-anod, 8-alüminium kant, 9-anod kütləsi (bərk), 10-cərəyan daşıyan naqillər, 11-polad mıxlar.

raturu 2050°S olan qlinozem kriolitdə 15%-li məhlul halda olduqda qarışığın ərimə temperaturu 938°S olur. Qlinozemin elektroliz prosesi vannada aparılır.

Vannanın kömür bloklarla (4) təchiz olunmuş dibi katod rolunu oynayır. Katoda elektrik enerjisi cərəyan daşıyan şinlər (5) vasitəsilə verilir. Alüminium kant (8) anod kimi işləyir və oraya anod kütləsi (9) doldurulur. Anod (7) çərçivədən (6) asılır. Anod kütləsi kimi antrasen, koks və daş kömür qatranının qarışığından istifadə olunur. Vannanın gövdəsi (1) odadavamlı kərpic (2) və kömür plitələrlə (3) örtüldüyündən yüksək temperaturun təsirindən mühafizə olunur. Anodun (7) aşağı hissəsində yüksək temperatur olduğu üçün burada anod kütləsi (9) bərk halda, yuxarı his-

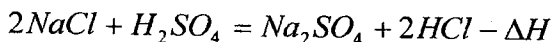
sədə isə plastik halda olur. Anoda (7) cərəyan xüsusi cərəy-andışıyan naqillər (10) vasitəsilə verilir. Vanna sabit cərəyan mənbəyinə birləşdirildikdə xüsusi mexanizmin köməyi ilə çərçivədən (6) asılan anod (7) aşağı enir, anod kütləsi (9) əriyir və kömür bloklarına (4) çevrilir. Alüminium kant vaxtaşırı elektrod kütləsi ilə doldurulur. Anod yananda ona çalınmış polad mıxlar (11) çıxarılaq onun yuxarı hissəsinə çalınır. Alüminium vannanın dibinə, yəni katod zonasına toplanır. Anod isə vaxtaşırı yenisi ilə əvəz olunur. Alüminium vannadan hər 3 – 4 gündə bir dəfə boşaldılır. Alınan alüminiumun təmizliyi 99,8% olur. Təmizliyi 99,99% olan alüminium almaq üçün texniki alüminium yenidən təmizlənmə prosesi keçir. Proses 4,2 – 4,5 V gərginlikdə aparılır. 80000-150000 A cərəyan şiddətində aparılan prosesdə cərəyana görə çıxım 88 – 90% olur. 1 t alüminium almaq üçün 16100-16200 kvт-saat elektrik enerjisi sərf olunur. Texniki alüminiumda az miqdarda dəmir və silisium qatışığı (0,2%) olur.

Xlorid turşusu istehsalı

İstehsal həcminə görə xlorid turşusu sulfat və nitrat turşularından sonra üçüncü yeri tutur. Bunun da əsas səbəbi xlorid turşusunun sənayenin bir çox sahələrində geniş tətbiq olunmasıdır. Xlorid turşusu sink, barium və s. metalların qeyri-üzvi birləşmələrini almaq üçün, əlvan metallurgiyanın bir çox sahələrində müxtəlif məqsədlər üçün, monovinilasetilenin hidroxlorlaşması üçün (xlorpren alınır) və s. işlədilir. Asetiləndən vinil-xlorid alınmasında, anilin boyalarının istehsalında, nişastanın hidrolizində (spirt alınır) və s. çoxlu xlorid turşusu tələb olunur. Hidrogen-xlorid qazı bir çox üzvi həlledicilərin alınmasında əsas komponent hesab edilir. Məsələn, etileni hidroxlorlaşdırmaqla etilxlorid, etilen oksidini hidroxlorlaşdırmaqla etilənxlorhidrin alınır.

Xlorid turşusu sənayedə iki mərhələdə istehsal olunur: 1) hidrogen-xlorid qazının alınması; 2) hidrogen-xloridin su ilə absorbsiyası. Bu qazı istehsal etmək üçün iki üsuldən istifadə edilir: 1) sulfat üsulu; 2) sintetik üsul.

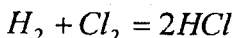
1. **Sulfat üsulu.** Bu üsul qədim üsul olub, sulfat turşusu ilə natrium xloridin qarşılıqlı təsirinə əsaslanır:



Reaksiya endotermiki olduğu üçün 500 – 550°S temperaturda mufel sobalarında aparılır. Bu üsulun bir sıra çatışmayan cəhətləri vardır: 1) alınan qaz qarışığında yalnız 30-40% hidrogen-xlorid olur ki, bu da alınan turşunun həm çirkli, həm də duru olması ilə nəticələnir; 2) sulfat turşusu sərf olunur; 3) mufel sobasını qızdırmaq üçün yanacaq sərf olunur.

2. **Sintetik üsul.** Bu üsulun çox böyük üstünlükləri vardır: 1) alınan qaz qarışığının 80-90%-ni hidrogen-xlorid təşkil edir; 2) alınan xlorid turşusu çox təmiz olur; 3) sulfat turşusu tələb olunmur; 4) əlavə yanacaq sərf olunmur; 5) alınan turşu nisbətən qatı olur (31 – 33%-li). Göstərilən səbəblərə görə sintetik üsul sulfat üsulunu sıxışdırıb çıxarmışdır. Hazırda bir sıra üzvi sintez müəssisələrində də hidrogen-xlorid qazı əlavə məhsul kimi alınır.

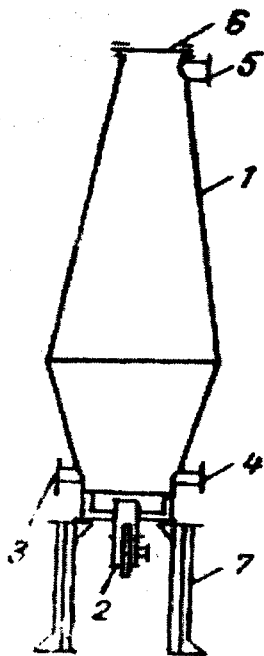
Sintetik üsullə xlorid turşusu alanda hidrogen və xlor qazları xüsusi sobalarda yandırılır:



Alınan hidrogen-xlorid qazı su ilə absorbsiya olunur. Absorbsiya prosesi ekzotermiki proses olduğu üçün son zamanlar həmin proses adiabatik qurğularda aparılır.

Sintez üçün lazım olan hidrogen və xlor qazları yuxarıda göstərilən üsullarla istehsal olunur.

Ən çox yayılan üsul sintez üsuludur. Hidrogen və xlor qarışığından hidrogen-xlorid qazı almaq üçün iki konuslu



Şəkil 76. Hidrogen-xlor qarışığını yandıran soba:

- 1-gövdə, 2-lampa, 3-yan-dırma lyuku, 4-kvars pəncərə, 5-HCl çıxan yol, 6-mühafi-zəçi membran, 7-dayaqlar.

sobalardan istifadə olunur. Belə sobanın sxemi 76-cı şəkildə verilir.

Sobanın aşağı konusu daxil-dən odadavamlı kərpiclə hörülür. Gövdə isə temperatura davamlı poladdan hazırlanır. Qaz qarışığı lampada (2) qarışdırılır. Lampanın xarici borusundan hidrogen, daxili borusundan xlor daxil olur. Aışdırmaq üçün aışdırıcı lyukdan (3) istifadə olunur. Aışan alovun rənginə görə xlor və hidrogenin verilmə sürəti tənzimlənilir. Alovun rənginin yaşıl olması xlorun, mavi olması hidrogenin artıq olmasını göstərir. Bu, kvars pəncərədən müşahidə etməklə müəyyən olunur. Atmosferə ötürülən qazların zəhərli xlorlardan azad olması üçün hidrogenin miqdarı lazım olan miqdardan 3 – 5% artıq götürülür. Odur ki, alovun rəngi həmişə mavi olmalıdır. Lampada hidrogen-xlor qarışığının temperaturu 2800⁰S-yə çatır. Sobanın ümumi həcmində isə hidrogen-xlorid qazının temperaturu 1100 – 1200⁰S olur. Bu temperaturda hidrogen-xlorid qazı parçalanmır.

Hidrogen-xlorid qazının parçalanma temperaturu 1500⁰S-dir. Əgər hər hansı səbəbdən sobada təzyiq artmış olsa və partlayış təhlükəsi yaranarsa, azbest membran (6) tullanır və təzyiq sobada aşağı düşür. Bununla da aparat və qurğuların partlamasının qarşısı alınır. Sobanın hündürlüyü 3 m-ə yaxın, geniş yerdə dia-

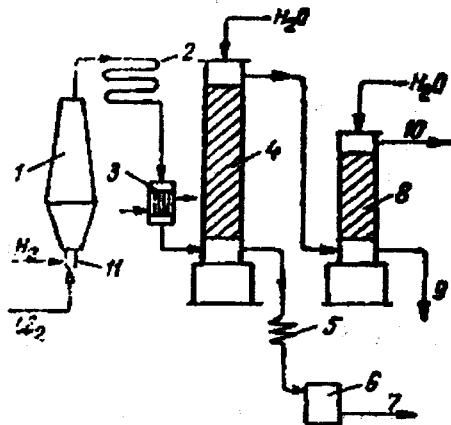
diametri 1,2 m-dir. Bu qurğuda (sobada) alınan hidrogen-xlorid qazı iki üsulla udularaq xlorid turşusuna çevrilir.

1. Silindr şəkilli kamera-uducularda udulma;
2. Adiabatik udulma.

Ən çox yayılmış üsul adiabatik üsuldur. Bu halda proses hidrogen-xlorid qazı udularkən ayrılan istiliyin hesabına gedir. Uducuların sayını çox götürdükdə hidrogen-xloriddən istifadə əmsalı 80-85%, alınan turşunun qatılığı isə 39%-ə qədər olur. Adiabatik prosesin üstün cəhəti ondan ibarətdir ki, proses sistemdəki daxili enerjinin hesabına gedir və təhlükəsizdir. Adiabatik prosesin prinsipial texnoloji sxemi 77-ci şəkildə verilir.

Sobaya (1) lampanın (11) daxili borusundan xlor, xarici borusundan hidrogen qazı verilir. Qaz qarışığı sobada

qarışır və alışıdırıldıqdan sonra mavi alovla yanır. Alınan hidrogen-xlorid qazının temperaturu sobada 1100-1200^oS-yə çatır. Soyumaq üçün əvvəlcə borulu havu soyuducusundan (2) keçir və temperaturunu 500 - 700^oS - yə qədər azaldır. Yenidən soyumaq üçün hidrogen-xlorid qazı və reaksiyaya daxil olmayan hidrogen - xlor qarışığı birlikdə su soyuducusuna (3) daxil olur. Burada qaz qa-



Şəkil 77. Hidrogen-xlorid qazının adiabatik sistemdə udulma sxemi: 1-ikikonuslu soba, 2-borulu hava soyuducusu, 3-su soyuducusu, 4-adiabatik absorbsiya qüllələri, 5-grafit soyuducu, 6 - 31-33%-li turşu yığıcısı, 7-hazır məhsul (HCl 31%-li), 8-sanitariya qülləsi, 9-kanaliza-siyaya gedən 1-1,5%-li xlorid turşusu, 10-atmosferə buraxılan qazlar, 11-lampa.

rışıqının temperaturu 150⁰S-yə qədər aşağı düşür. Həmin temperaturda qaz qarışığı adiabatik qülləyə (4) daxil olur. Yuxarıdan su ilə suvarılan qüllənin içərisi gil, şüşə və qrafit parçaları ilə doldurulur. Bu qaz qarışığının su ilə toxunma səthini artırır. Suda həll olan hidrogen-xlorid qazı xlorid turşusuna çevrilir. Qazın suda həll olması nəticəsində adiabatik qülədə temperatur 300⁰S-yə qədər yüksəlir. Bu temperaturda su qaynayaq buxarlanır və beləliklə də həm turşunun temperaturu buxarlanmaya sərf olunan enerji hesabına aşağı düşür, həm də buxarlanma nəticəsində turşunun qatılığı artır. 31-33%-li xlorid turşusu qrafit soyuducudan (5) keçərək 50-60⁰S-yə qədər soyuyur. Turşu bu temperaturda turşu yığıcısına (6) toplanır və oradan da hazır məhsul kimi (7) istehsalata göndərilir. Tam absorbsiya olunmayan hidrogen-xlorid, hidrogen, xlor qazları və su buxarı zərərsizləşdirilmək üçün absorbsiya qülləsinin yuxarisından xaric olur və sanitariya qülləsinə (8) daxil olur. Bu qüllədə absorbsiya olunmayan hidrogen-xlorid qazı su ilə udularaq 1 – 1,5%-li xlorid turşusu kimi kanalizasiyaya ötürülür (9). Həll olmayan digər qaz qarışığı artıq zərərsiz olduğundan atmosfərə (10) ötürülür. Belə qurğuların gücünü uducuların sayını çox götürməklə 10 t/günə çatdırmaq olur.

X F Ə S İ L. M İ N E R A L D U Z L A R V Ə G Ü B R Ə L Ə R

Mineral gübrələr əsasən mineral duzlardan ibarətdir. Təbii həll olan duzlar xüsusi yataqlar əmələ gətirir. Mineral duzların əsas mənbəyi dəniz sularıdır. Dəniz sularında olan duzlar müəyyən səbəbdən su quruduqda yataqlar əmələ gətirir. Belə duzlardan natrium xloridi, natrium sulfatı, kaliumun sulfat və xloridlərini, kalsium və maqneziumun bromidlərini, karbonatlarını, təbii sodanı və s. göstərmək olar.

Təbii duz yataqlarını istismar etmək üçün iki üsuldan istifadə edilir:

- 1) *Açıq formada, yer altında qazma;*
- 2) *Yer altında qələviləşdirmə.*

Açıq havada və ya yer altında qazmaqla xörək duzu, natrium-sulfat, kalsium və maqneziumun təbii duzları - kainit, karnallit, o cümlədən silvinit əldə edilir.

Yeraltı qələviləşdirmə metodu ilə ən çox xörək duzu çıxarılır. Bu məqsədlə duzu yer altında suda həll edirlər. Bunun üçün buruq quyuları qazılır və oraya su vurulur. Bu çox əlverişli üsuldur, çünki altdan çıxan natrium-xlorid məhlulunu təmizləmədən xlor, hidrogen və soda almaq üçün elektroliz prosesinə daxil edirlər. Bəzən duz yer altında məhlul halında olur. Belə halda duz məhlulunu nasoslar vasitəsilə sormaqla yer üzərinə çıxarır və istifadə edirlər. Bu cür təbii məhlullar xüsusi saturatorlarda daş duzla doydu-rulur və ondan xlor və soda zavodlarında istifadə edilir.

Duz məhlulları bəzən yer altından oraya təzyiqlə altında hava vurmaqla üzə çıxarılır.

Təbii duzlardan başqa sintetik mineral duzlardan da geniş istifadə edilir. Duzları sintetik yolla almaq üçün ilkin maddələr kimi əsas kimya sənayesinin yarım məhsulları və müxtəlif sənaye sahələrinin tullantılarından istifadə edilir. Duzların sintezi əksər hallarda neytrallaşma reaksiyalarına əsaslanır. Məsələn, nitrat turşusunu qələvi ilə neytrallaşdırmaqla qiymətli azot gübrələri alınır. Çoxlu miqdarda duzlar sənaye sahələrində əlavə məhsul kimi alınır.

Məsələn, alüminium-oksidi istehsalında əlavə məhsul kimi potaş (K_2CO_3), sulfat turşusu istehsalında havaya ötürülən qazların tərkibindəki SO_2 hesabına əlavə məhsul kimi sulfidlər alınır. Gübrə kimi işlənən kalsium-nitrat, sulfat və nitrat turşuları istehsalında tullantı kimi havaya ötürüləcək nitroz qazlarından istehsal olunur və s.

Tərkibində bitkilər üçün qida elementi olan və məhsulu yüksəltmək üçün torpağa verilən duzlara *mineral gübrələr* deyilir.

Bitkinin tərkibinə 60-a qədər kimyəvi element daxil olur. Bunlardan karbon, oksigen, hidrogen, azot, fosfor, kalium, maqnezium, kükürd, kalsium və dəmir elementləri onun əsas kütləsini təşkil edir. Bitki kütləsində az da olsa digər elementlər də iştirak edir.

Mineral maddələrdən azot, fosfor və kalium bitkilərin həyat fəaliyyəti üçün daha vacibdir. Bu elementlər bitki hüceyrələrində maddələr mübadiləsini yaxılaşdırır. Onlar bitkilərin boyunu, məhsuldarlığı və onlarda qiymətli maddələrin miqdarını artırır. Göstərilən maddələr kartofda nişastanın, çuğundurda, meyvələrdə və moruqda şəkərin, taxılda zülalın və s. çoxalmasına səbəb olur.

Torpağı uzun müddət istismar etdikdə ondakı mineral maddələr tükənir, bitkinin məhsuldarlığı və məhsulun keyfiyyətini aşağı düşür. Ona görə də bitkilər üçün qida maddələri hesab edilən maddələrin miqdarını kompensasiya etmək lazımdır. Bu məqsədlə mineral gübrələrdən istifadə edilir.

Mineral gübrələr aqrokimyəvi əhəmiyyətinə görə, tərkibinə, xassələrinə, qida maddələrinin növünə görə və s. bir neçə növə bölünür.

Aqrokimyəvi əhəmiyyətinə görə gübrələr *birbaşa* və *dolayı* gübrələrdən ibarətdir.

Gübrənin tərkibindəki qida elementi birləşmə halında bitkilər tərəfindən birbaşa mənimsənilərsə, belə gübrələr birbaşa gübrələr adlanır.

Dolayı gübrələr torpaqda olan qida maddələrini torpağın fiziki, kimyəvi və bioloji xassələrini yaxşılaşdırmağa yönəldir. Məsələn, torpağa üyüdülmüş əhəngdaşı və ya dolomit əlavə etdikdə onun turşuluğu azalır.

Birbaşa mineral gübrələr onun tərkibində olan qida elementlərinin növünə görə fosforlu, azotlu, kaliumlu, maqneziumlu və s. olur.

Birbaşa gübrələr sadə və kompleks gübrələrə bölünür. Sadə gübrələrin tərkibində bir qida elementi, kompleks gübrələrin tərkibində isə iki, üç və daha çox qida elementi olur. Belə gübrələrdə qida elementlərinin hamısı olduğundan onlara *tam* gübrələr də deyilir.

Mikrogübrələr xüsusi yer tutur. Bu gübrələrdə qida elementləri kimi bor, manqan, sink, mis və s. olur. Göstərilən qida elementləri bitkinin boyunu artırır və çox az tələb olunur. 1 ha torpağa 1 kq mikrogübrə verilir.

Fosforlu və azotlu gübrələr daha çox yayılmışdır. Bunlardan superfosfatı, apatiti, ammonium şorasını, karbamidi, natrium şorasını, ammosfoskanı və s. göstərmək olar.

1. Fosforlu gübrələr

1.1. Fosforlu gübrələr

1.1.1. Fosforlu gübrələr

Fosforlu gübrələr kimyavi tərkibinə və suda həll olmalarına görə bir-birindən fərqlənir. Suda həll olan gübrələr bitkilər tərəfindən daha yaxşı mənimsənilir. Suda və torpaqda həll olan fosforlu gübrələrdən sadə və iqiqat superfosfatları, presipitatu, termofosfatı və tomas-şlakı göstərmək olar. Suda həll olmayan fosforlu gübrələr yalnız qüvvətli turşularda həll olur. Belə gübrələrdən fosforit unu, apatitlər, sümük unu və s. daha çox tətbiq olunur.

Fosforun və fosforlu gübrələrin istehsalı üçün fosforun təbii birləşmələri olan fosforitlər və apatitlərdən istifadə olunur. Bu məqsədlə flüorapatit $Ca_3F(PO_4)_3$ və apatit-hidroksid $Ca_3OH(PO_4)_3$ daha çox işlədilir. Fosforiti dəyirmanlarda üyütməklə fosforit unu alınır. Fosforit unu və flüorapatit torpaq sularında pis həll olduqları üçün bitkilər tərəfindən çox yavaş və uzun müddətə mənimsənilir.

Həll olan fosforlu gübrələrə monokalsium fosfat $Ca(H_2PO_4)_2$ və dikalsium fosfat $CaHPO_4$ gübrələrini aid etmək olar. Monokalsium fosfat suda həll olduğu üçün bitkilər tərəfindən yaxşı mənimsənilir. Dikalsium fosfat isə yalnız turş xassəli torpaq sularında həll olur və bitkilər tərəfindən belə torpaqlarda asan mənimsənilir. Süni fosforlu gübrələr təbii fosfor filizlərindən alınır. Fosfor filizlərində fosfatlar bitkilər tərəfindən çətin mənimsənilən formada olur. Ona görə də süni gübrələri aldıqda fosfatlar həll olan və bitkilər tərəfindən asan mənimsənilən formaya salınır. Bu zaman gübrədə fosforun qatılığı da artır.

Hazırda təbii fosfor filizlərini süni gübrələrə çevirmək üçün müxtəlif metodlar işlənib hazırlanmışdır. Bunlardan aşağıdakıları göstərmək olar:

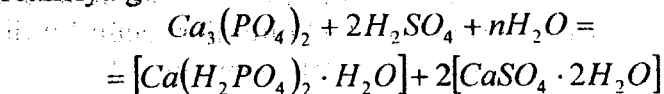
1. Təbii fosfatların turşularla (nitrat, sulfat, fosfat, bəzən də xlorid turşuları ilə) parçalanaraq suda həll olan gübrələrə çevrilməsi. Bu zaman superfosfat $Ca(H_2PO_4)_2 \times CaSO_4$ və ikiqat superfosfat $Ca(H_2PO_4)_2$ alınır.

2. Təbii fosfatların hidrotermiki parçalanaraq flüorsuz fosfatlara çevrilməsi. Bu məqsədlə təbii fosfatlara su buxarı ilə təsir edilir və həll olan flüorsuz fosfatlar alınır.

3. Təbii fosfatların natrium, kalium, maqnezium və qələvi torpaq metallarının duzları iştirakında yüksək temperaturda bişirilməsi və ya əridilməsi. Bu zaman suda həll olan termofosfatlar və ərimiş fosfatlar alınır.

Hazırda əsas və ən çox yayılmış fosforlu gübrələr sadə superfosfat və ikiqat superfosfatdır.

Sadə superfosfat istehsalı. Sadə superfosfat istehsal etmək üçün əsas xammal təbii fosfatlar – fosforitlər və apatitlərdir. Bu xammalları sulfat turşusu ilə işlədikdə aşağıdakı reaksiya gedir:



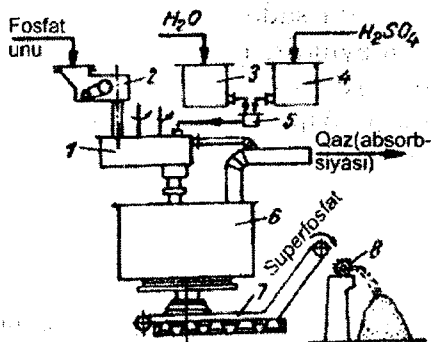
Göstərilən reaksiya üzrə bərk kütlə alınır. Bu kütlənin tərkibi monokalsium fosfat və gipsdən ibarətdir. Superfosfata dəmir, silisium və digər metalların birləşmələri də aşqar kimi qarışmış olur.

Superfosfat istehsal edən zaman fosforitin sulfat turşusu ilə qarşılıqlı təsiri çox yavaş gedir. Bu proses aşağıdakı mərhələlərdən ibarət olur:

1. Təbii fosfatların xırdalanması;
2. Təbii fosfatların sulfat turşusu ilə qarışdırılması;
3. Superfosfatın yetişməsi;
4. Superfosfatın xırdalanması;
5. Superfosfatın anbarlarda saxlanması (axıradək «yetişməsi»), yəni $Ca_3(PO_4)_2$ -nin sulfat turşusu ilə axıradək reaksiyaya daxil olması.

Sadə superfosfat istehsal edən qurğunun texnoloji sxemi aşağıda verilir (şəkil 78).

75%-li sulfat turşusu ilə su turşuölçəndə (5) qarışdırılır. Su və turşu basqı çənlərinə (3, 4) doldurulur. Turşu su ilə turşuölçəndə (5) qarışaraq 68%-li olur və qarışdırıcıda (1) fosforit ilə qarışdırılır. Reaksiya qismən qarışdırıcıda gedir. Qarışıq sonra superfosfat kamerasına (6) daxil olur. Orada superfosfatın «yetişməsi», sonra bərkiməsi və xırdalanması fasiləsiz başa çatır. Kameranın aşağısında lentli transportyor (7) yerləşir. Xırdalanmış superfosfat əv-

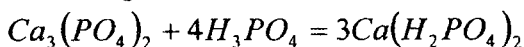
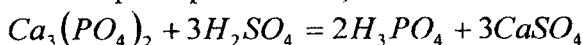


Şəkil 78. Fasiləsiz metodla sadə superfosfat istehsal edən qurğunun sxemi:

- 1-qarışdırıcı, 2-fosfatölçən dozator,
- 3,4-su və sulfat turşusu üçün basqı çənləri, 5-turşu-ölçən, 6-superfosfat kamerası, 7-superfosfat transportyoru, 8-tullayıcı.

vəlcə lent üzərinə, oradan da tullayıcı (8) üzərinə tökülür. Tullayıcı superfosfatı anbara tullayır. Superfosfat anbarda axıradək «yetişir». Fosforitlə sulfat turşusu arasındakı reaksiya burada axıra çatır. Sadə superfosfatın yeganə çatışmayan cəhəti onda P_2O_5 -in miqdarının az (20%) olmasıdır.

İkiqat superfosfat istehsalı. Sadə superfosfatdan sonra ən çox istehsal olunan fosforlu gübrə ikiqat superfosfat hesab edilir. İkiqat superfosfat almaq üçün təbii fosfatları sulfat turşusu fosfat turşusuna, axırını isə fəsilətlərə təsir edərək onları ikiqat superfosfata çevirir.



İkiqat superfosfat fosforla zəngin gübrədir. Bu gübrədə P_2O_5 -in miqdarı 42-48% olur. Göründüyü kimi ikiqat superfosfatda P_2O_5 -in miqdarı sadə superfosfatda olduğundan 2-3 dəfə çoxdur. İkiqat superfosfatın istehsal texnologiyası da sadə superfosfatın istehsal texnologiyasının təxminən eynidir. Bu prosesdə əsas aparatlar fosfat turşusunu təbii fosforitlə qarışdıran qarışdırıcı və fasiləsiz işləyən kameranır. Alınan ikiqat superfosfat dənəvərləşmiş halda lentli transportyor vasitəsilə anbara göndərilir.

Azotlu gübrələr

Azotlu gübrələr almaq üçün nitrat və ya sulfat turşusuna ammoniyak, azot 4-oksidi, kalsium hidroksid və s. ilə təsir edilir.

Azotlu gübrələr bir neçə qrupa bölünür. Bunlardan aşağıdakıları göstərmək olar:

Ammonium gübrələri (ammonium-sulfat $(NH_4)_2SO_4$).

Bu gübrədə azot ammonium ionu NH_4^+ tərkibindədir.

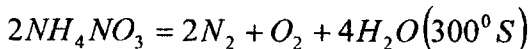
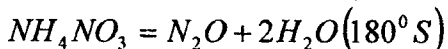
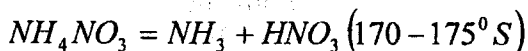
Nitratlar (natrium-nitrat $NaNO_3$, kalsium-nitrat $Ca(NO_3)_2$ kalium-nitrat KNO_3). Bu gübrələrdə azot nitrat ionu NO_3^- tərkibində olur.

Ammonium şorası (ammonium-nitrat NH_4NO_3). Bu gübrədə azot həm ammonium ionu NH_4^+ , həm də nitrat ionu NO_3^- tərkibindədir.

Amid gübrələri (karbamid $CO(NH_2)_2$). Bu gübrələrdə də azot amin (amid) qrupunun tərkibindədir. Göstərilən gübrələrdən ən çox işlənəni ammonium-nitratdır. Lakin kimya sənayesi hazırda ammonium şorası ilə yanaşı çoxlu miqdarda ammonium-sulfat, natrium-nitrat, karbamid və s.-də istehsal edir. Bütün azotlu gübrələr suda yaxşı həll olduqları üçün bitkilər tərəfindən yaxşı mənimsənilir. Torpaq çox sulandıqda və yağış çox olduqda yalnız NH_4NO_3 torpağın daha dərin qatlarına hopur.

Ammonium - nitrat istehsalı

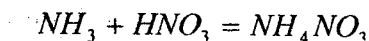
Ammonium - nitrat kimyəvi təmiz halda ağ kristal maddədir. O temperaturdan asılı olaraq müxtəlif kristallik formada olur. Ammonium nitrat $170^{\circ}S$ -də əriyir. Temperaturun $180-300^{\circ}S$ dəyişməsi ilə müxtəlif istiqamətlərdə parçalanır:



Ammonium – nitrat suda çox yaxşı həll olur. Həllölma çoxlu miqdarda istiliyin udulması ilə gedir. Quru ammonium-nitratın partlama təhlükəsi olduğu halda, nəmləndikdə

(hiqroskopikdir) bu təhlükə aradan qalxır. Ammonium – nitrat ballastsız gübrə olub, tərkibində 35% azot vardır. Lakin fiziki xassələrinə görə ammonium şorası çatışmayan cəhətlərə malikdir. Belə ki, havada qaldıqda nəmi özünə çəkərək sulanır və hava nəmində həll olur. Yaxud yapıxaraq böyük parçalar əmələ gətirir. Digər tərəfdən saxlanma müddətində temperaturun tez-tez dəyişməsi onun bir kristal formasından digərinə keçməsinə səbəb olur.

Duru nitrat turşusunu qaz halında olan ammonyakla neytrallaşdırmaqla ammonium şorası alınır:



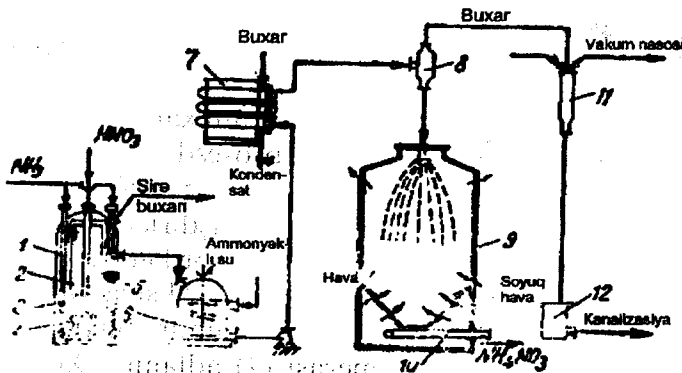
Bu reaksiya ammonyakın nitrat turşusu tərəfindən kimyəvi sorbsiyası ilə başa çatır. Reaksiya ekzotermiki və sürətlə gedir. Neytrallaşma istiliyinin hesabına su buxarlanır və ammonium-nitratın qatı məhlulu alınır.

Qatı turşu götürüldükdə alınan ammonium-nitrat ərinti halında olur. Belə məhlulda NH_4NO_3 -ün qatılığı 95%-ə çatır. Ammonium-nitrat istehsal edən qurğuda neytrallaşma istiliyindən istifadə edilir. Bu aparat silindrik formada paslanmayan poladdan hazırlanır və onun daxilində də belə bir silindr yerləşdirilir.

Həmin qurğunun sxemi aşağıda göstərilir (şəkil 79).

Silindrə (2) fasiləsiz olaraq qaz halında ammonyak və nitrat turşusu verilir. Qarışıq silindrə səpəleyici ilə səpələnir. Reagentlərin silindrdəki hərəkəti öz-özünə axın prinsipi üzrə davam edir. Daxili silindr neytrallaşdırıcı, silindrlər arasındakı dairəvi boş hissə isə buxarlanlıcı rolunu oynayır. İstilik reaksiya zonasından daxili silindrin divarları vasitəsilə çıxarılır.

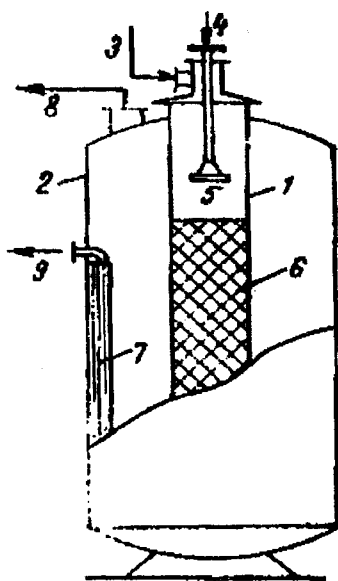
Alınmış ammonium-nitrat məhlulu silindrin yuxarı hissəsindən aşaraq onun buxarlandırıcı hissəsinə tökülür. Burada buxarlanma aparatın neytrallaşdırıcı və buxarlandırıcı hissələri arasında istilik mübadiləsi hesabına gedir.



Şəkil 79. Ammonium şorası istehsal edən qurğunun sxemi:

1-neytrallaşdırıcı aparatın gövdəsi, 2-daxili silindr, 3- HNO_3 paylayıcısı, 4-ammonyak paylayıcısı, 5-hidravlik bağlayıcı, 6-tam neytrallaşdırıcı, 7-buxarlandırıcı, 8-seperator, 9-dənəvərləşdirici qüllə, 10-transportyor, 11-barometrik kondensator, 12-barometrik qab.

Aparatdan istiliyin çıxarılması təkcə buxarlanma üçün deyil, həm də ifrat qızma hesabına, alınan ammonium-nitratın parçalanmasının qarışısını almaq üçündür. Neytrallaşdırıcıdan ayrılan şirə buxarı qızdırıcı agent kimi istifadə olunur. 60-70%-li ammonium-nitrat məhlulu hidravlik bağlayıcıdan (5) xaric olaraq tam neytrallaşdırıcıya (6) daxil olur. Tam neytrallaşdırıcı qarışdırıcı vasitəsilə qarışdırılır və neytrallaşma prosesi oraya vurulan əlavə ammonyak məhlulu hesabına başa çatır. Tam neytrallaşdırıcıdan məhlul nasos vasitəsilə sorularaq vakuüm-buxarlandırıcıya (7) verilir. Burada buxarlanma vakuüm altında, nisbətən aşağı temperaturda (150-160^oS) aparılır. Ammonium-nitrat 97-98,5%-li məhlul şəklində seperatorun (8) aşağısından çıxaraq dənəvərləşdiriciyə (9) daxil olur. Dənəvərləşdirici qüllə formasında olub səpələyici ilə təchiz olunmuşdur. Səpələyici fırlanır və bu zaman böyük qüvvə ilə oraya daxil olan NH_4NO_3 məhlulu qüllənin bütün həcmi boyu səpələnir. Qülləyə aşağıdan soyuq hava daxil olur. Burada ammonium-nitrat



Şəkil 80. Neytrallaşdırıcının sxemi:

1-reaksiya kamerası, 2-buxarlanma kamerası, 3 - ammoniyak, 4 - nitrat turşusu, 5-səpələyici, 6-saxsı halqalar, 7-sifon, 8-şirə buxarı, 9-ammonium-nitrat məhlulu

um-nitrat məhlulu ilə birlikdə xarici silindrə keçir. Burada həcm böyüdüyündən buxarlanma daha da sürətlənir. Alınan qatı ammonium-nitrat məhlulu (2) sifon rolunu yerinə yetirən borular (7) vasitəsilə aparatın aşağısından, şirə buxarı isə yuxarisından xaric olur (8). Boru (7) aparatda həm mayenin səviyyəsini tənzimləyir, həm də şirə buxarının məhlulla birlikdə xaric olmasına imkan vermir. Bununla da şirə buxarı məhluldan ayrılmış olur. Neytrallaşdırıcı paslanmayan poladdan hazırlanır.

soyuyaraq dənəvərləşir. Qüllənin bunkerinə tökülən dənəvər NH_4NO_3 soyuduqdan sonra hazır məhsul kimi xaric olur.

Bu prosedə əsas aparat neytrallaşdırıcıdır (şəkil 80).

Neytrallaşdırıcı daxili və xarici silindrlərdən ibarətdir. Daxili silindr reaksiya kamerası (1), xarici silindr buxarlanma kamerası (2) adlanır. Daxili silindrə ammoniyak (3) və nitrat turşusu (4) yuxarıdan verilir. Maye ilə qazın toxunma səthini artırmaq üçün həm daxili silindrin içərisi $3/4$ hissəsinə qədər səth artıran maddələrlə (6) doldurulur, həm də turşu yuxarıdan səpələyicinin (5) vasitəsilə kameranın bütün həcminə səpələnir. Ammonyakla nitrat turşusunun neytrallaşması nəticəsində alınan istilik hesabına şirə buxarı əmələ gəlir və ammonium-nitrat məhlulu ilə birlikdə xarici silindrə keçir.

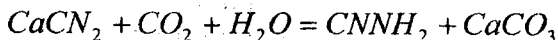
Karbamid istehsalı

Karbamid ballastı olmayan çox qiymətli azotlu gübrələrdən biridir. Bu gübrədə 46%-ə qədər azot vardır. Təmiz karbamid ağ rəngli kristal maddədir. Karbamid suda asan həll olur və temperatur artdıqca onun həll olması artır. Karbamid ammoniyakda da asan həll olur.

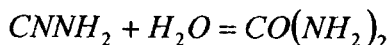
Karbamid yalnız azotlu gübrə kimi deyil, həm də bir sıra qiymətli sənaye məhsulları sintez etmək üçün əsas xammaldır. Məsələn, karbamid əzəçılıq sənayesində, süni qatranların, üzvi boyaların, şüşənin və plastik kütlələrin alınmasında geniş tətbiq olunur.

Karbamid mal yemi üçün azotlu əlavələr kimi, sintetik yapışdırıcı maddələrin istehsalı üçün xammal kimi, sintetik liflərin alınması üçün əsas monomer kimi də işlədilir.

Karbamid almaq üçün əvvəllər kalsium-sianamiddən istifadə edilirdi. Bu zaman əvvəlcə sianamid alınır:

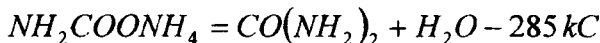
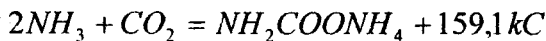


Sianamidin hidrolizi nəticəsində karbamid alınır.



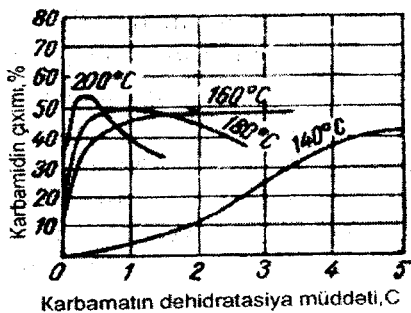
Hazırda karbamid ammoniyakla karbon qazının qarşılıqlı təsirindən alınır.

Bu zaman əvvəlcə ammonium-karbamat NH_2COONH_4 əmələ gəlir ki, bu da 150 atm. təzyiq altında 160⁰-də qızdırdıq-da su ayıraraq karbamidə çevrilir:



Göründüyü kimi karbamatın əmələ gəlməsi ekzotermik, onun dehidratasiyası isə endotermik reaksiyadır. Ona görə də istehsal prosesində bu cəhətlər nəzərə alınmalıdır.

Karbamidin istehsal prosesi bütövlükdə heterogen (Q-M) prosesidir. Bu prosesin sürəti kinetik sahədə karbamatin



Şəkil 81. Karbamid çıxımının temperaturdan və reaksiya qarışıqının reaktorda qalma müddətindən asılılığı qrafiki.

temperaturda əyrilər maksimumdan keçir. Temperaturun sonrakı yüksəlməsi və reaksiya qarışıqının qızma zonasında qalma müddətinin artması karbamidin çıxımını azaldır. Bunun səbəbi əlavə reaksiyaların və onların sürətinin artmasıdır. Ammonyakın artıq götürülməsi əlavə məhsulların əmələ gəlməsinin qarşısını müəyyən dərəcədə alır. Digər tərəfdən bu şəraitdə tarazlıq öz yerini karbamidin əmələ gəlməsi istiqamətində dəyişir. Ammonyakın artıq götürülməsi aparatların korroziyaya uğramasına da mane olur. Bu səbəbləri nəzərə almaqla karbamid istehsalında ammonyak həmişə lazım olan miqdardan artıq götürülür.

Sənayedə karbamidin istehsal prosesi katalizator tətbiq etmədən 180-200°S-də və $1,8 \cdot 10^7 - 2 \cdot 10^7 H/m^2$ təzyiqdə aparılır.

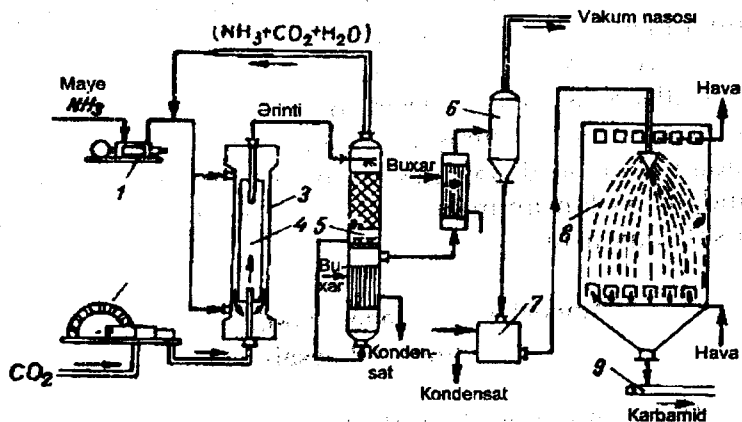
Yüksək temperatur aparatların korroziya sürətini artırır. Xammal kimi ammonyak istehsalında alınan karbon qazı (bu qazın tərkibində 90% CO_2 olur) və ammonyak işlədilir. Ammonyak stexiometrik miqdarın 100 – 125%-i qədər

tədriclə ərintidə dehidratasiyaetmə sürəti ilə təyin olunur. Təzyiq, temperatur və sistemin tərkibi tarazlığa və karbamidin sintez sürətinə təsir göstərir.

Karbamidin sintez sürəti temperaturdan və karbamatin reaktorda qalma müddətindən asılıdır (şəkil 81).

Qrafikdən görünür ki, 180°S-dən yuxarı

artıq götürülür. Belə şəraitdə karbamidin karbon qazına görə çıxımı 60-70% təşkil edir.



Şəkil 82. Karbamidin istehsal sxemi.

1-nasos, 2-kompressor, 3-sintez kalonu, 4-daxili reaksiya kamerası, 5-distillə kalonu, 6-buxarlandırıcı aparat, 7-yığıcı, 8-dənəvərləşdirici, 9-transportyor.

Karbamid sintez edən qurğunun sxemi aşağıda verilir (şəkil 82).

Əsas reaksiya sintez kalonunda (3) gedir. Sintez kalonu legirlənmiş poladdan hazırlanır. Kalonun daxilində silindr yerləşdirilir. Bu silindr kalonu yüksək təzyiqdə aqressiv reaksiya şəraitində qoruyur. Maye ammonyak nasos (1) vasitəsilə sintez kalonu (3) və daxili reaksiya kamerasının (4) arasındakı dairəvi boşluğa verilir. Bu zaman maye ammonyak sintez kalonunun daxilə səthini isladaraq onu korroziyadan – aqressiv reaksiya mühitinin təsirindən qoruyur. Kalonun daxilə reaksiya kamerasına (4) aşağıdan təzyiq altında karbon qazı daxil olur. Karbon qaz lazım olan təzyiqə qədər kompressorda (2) sıxılır. Kalonda ammonyakla karbon qazı arasında reaksiya gedir. Əmələ gələn karbamid ərimiş halda kalonun yuxarisından çıxır və atmosfer təzyi-

qində distillə kalonuna (5) daxil olur. Kalona verilən su buxarının temperaturu hesabına karbamid distillə olunaraq ammoniyakın artdığından və ammonium duzlarının parçalanma məhsullarından ayrılır. Karbamid məhlulu buxarlandırıcıda (6) vakuum altında sudan azad olaraq dənəvərləşdirici qüllədə (8) dənəvərləşir. Buxarlandırıcıda karbamidin bir qismi əriyir. Ərimiş karbamid yığıcıya (7) toplanır və oradan yenidən dənəvərləşdiriciyə göndərilir. Distillə kalonundan ayrılan ammoniyak və karbon qazı qarışığı təkrar prosesə qaytarılır.

Superfosfatın dənəvərləşdirilməsinin material hesabı

Prosesin material hesabı 1 t superfosfata görə hesablanır və aşağıdakı göstəricilərə əsasən aparılır.

1. Dənəvərləşməyə verilən superfosfatın tərkibi: mənimdənən P_2O_5 – 16,5%, sərbəst P_2O_5 – 3%, nəmlik – 8%, flüor – 0,009%.

2. Əhəngdaşı: $CaCO_3$ -ün miqdarı -85%, nəmlik - 1%.

3. Dənəvərləşmə prosesində qaz fazasına keçən flüorun miqdarı – 15,5%.

Sadə superfosfat dənəvərləşməyə verilməzdən qabaq neytrallaşdırılmaqla onun tərkibindəki sərbəst fosfat turşusunun miqdarı 2% P_2O_5 – ə qədər azalır.

Şərtə görə 1 t ilkin superfosfatda sərbəst fosfat turşusu şəklində $1000 : 0,03 = 30 \text{ kq } P_2O_5$ vardır. Bu miqdarın 70%-ni neytrallaşdırmaq üçün lazım olan turşunun miqdarı $30 \cdot 0,7 = 21 \text{ kq}$ təşkil edir.

Bu məqsədlə neytrallaşmaya əhəng daşı da sərf olunur. Onun miqdarı (100%-li $CaCO_3$ üçün):

$$\frac{21 \cdot 100}{142} = 14,8 \text{ kq}$$

142 – P_2O_5 -in molekul kütləsidir.

85%-li əhəngdaşı üçün bu miqdar

$$14,8 : 0,85 = 17,4 \text{ kq təşkil edir.}$$

Neytrallaşdırma prosesi üçün üyüdülmüş, qurudulmuş və 1% nəmliyi olan əhəngdaşı işlədilir. Onun miqdarı:

$$\frac{17,4 \cdot 100}{100 - 1} = 17,5 \text{ kq}$$

Əhəngdaşı parçalanan zaman ayrılan karbon qazının miqdarı:

$$\frac{21 \cdot 44}{142} = 6,5 \text{ kq}$$

44 – karbon qazının molekül kütləsidir.

1 t ilkin superfosfatdan alınan neytrallaşmış superfosfatın miqdarı:

$$1000 + 17,5 - 6,5 = 1011 \text{ kq}$$

Neytrallaşmış superfosfat qurudulduqda onun tərkibində olan flüor silisium 4-flüorid kimi ayrılır. Ayrılan flüorun miqdarı superfosfat tərkibində olan flüorun ümumi miqdarının 15,5%-ni təşkil etdiyini nəzərə alsaq, 1 t superfosfatdakı flüorun miqdarı:

$$1000 \cdot 0,009 = 9 \text{ kq olar.}$$

Qaz fazasına keçən flüorun miqdarı:

$$SiF_4 = 104 (4F = 4 \cdot 19 = 76)$$

$$\frac{104 \cdot 1,39}{76} = 1,9 \text{ kq}$$

1,39 – 9 kq flüorun 15,5%-dir. ($9 \cdot 0,155 = 1,39$).

İlkin superfosfatda nəmliyin miqdarı:

$$1000 \cdot 0,1 = 100 \text{ kq}$$

Əhəngdaşı ilə sistemə daxil olan nəmlik:

$$17,5 \cdot 0,01 = 0,175 \text{ kq}$$

Neytrallaşmış superfosfatda nəmliyin miqdarı:

$$100 + 0,175 = 100,175 \text{ kq}$$

Flüor ayrıldıqdan sonra neytrallaşmış nəm superfosfatın miqdarı:

$$1000 + 17,5 - 6,5 - 1,9 = 1009,1 \text{ kq}$$

Neytrallaşmış superfosfatın quru maddəyə görə hesablanmış miqdarı:

$$1009,1 - 100,175 = 908,9 \text{ kq}$$

Qurudulmuş hazır dənələrin nəmliyini 3% qəbul etdikdə, 1 t ilkin superfosfatdan alınan məhsulun miqdarı:

$$908,9 : 0,97 = 937 \text{ kq}$$

Hazır məhsuldakı nəmliyin miqdarı isə

$$937 - 908,9 = 28,1 \text{ kq olar.}$$

Məhsulun qranulometrik tərkibini bilməklə yenidən işlədilməyə qaytarılan narın fraksiyanın miqdarı hesablanır.

Quruducu barabandan çıxan məhsul, orta hesabla aşağıdakı qranulometrik tərkibdə olur:

4 mm – dən böyük ölçülü hissəciklər	18%
1 – 4 mm ölçülü hissəciklər	56%
1 mm - dən kiçik ölçülü hissəciklər	16%

Hissəciklərin ölçüsü 4 mm – dən böyük olan fraksiyanın xırdalanması nəticəsində alınan məhsulun qranulometrik tərkibi isə aşağıdakı kimidir:

4 mm – dən böyük ölçülü hissəciklər	42%
1 – 4 mm ölçülü hissəciklər	49%
1 mm - dən kiçik ölçülü hissəciklər	19%

Quruducu barabandan çıxan dənələrin çəkisini x , xırdalanmaya verilən iri hissəciklərin çəkisini y və 1 t ilkin superfosfatdan alınan məhsulun çəkisini z ilə işarə etsək, ölçülərinə görə ayrılmaya verilən məhsulun çəkisi $(x+y)$ olur və qranulometrik tərkibi aşağıdakı kimi hesablanır:

4 mm – dən böyük hissəciklər $0,18x+0,42y$
 1 – 4 mm-lik hissəciklər $0,56x+0,49y$
 1 mm - dən kiçik ölçülü hissəciklər $0,16x+0,19y$

Xırdalanmaya verilən iri hissəciklərin çəkisi:

$$y=0,18x+0,42y$$

buradan

$$x=3,2y$$

1 t superfosfatdan alınan hazır məhsulun miqdarı $z=937$ kq-dır. Eyni zamanda

$$z=0,56x+0,49y$$

$$937=0,56x+0,49y$$

Bu tənlikdə $x=3,2y$ qiymətini yerinə yazsaq, xırdalanmaya verilən iri fraksiyanın miqdarı:

$$y=410,9 \text{ kq olar.}$$

Quruducu barabandan sonra dənəvərlərin çəkisi:

$$x=3 \cdot 410,9=1232,7 \text{ kq}$$

Bu zaman hissəciklərin ölçüsü 1 mm-dən kiçik və nəmliyi 3% olan narın fraksiyanın miqdarı:

$$0,18x+0,19y=0,18 \cdot 1232,7+0,19 \cdot 410,9=299,9 \text{ kq}$$

Bu qarışıqda quru maddənin miqdarı:

$$299,9 \cdot 0,97=290,9 \text{ kq}$$

Xəlbirə daxil olan maddənin miqdarı:

$$x+y=410,9+1232,7=1643,6 \text{ kq}$$

Xəlbirdən sonra fraksiyaların çıxımı:

a) ölçüsü 4 mm – dən böyük olan:

$$0,18 \cdot 1232,7+0,42 \cdot 410,9=394,4$$

b) ölçüsü 1 – 4 mm olan hazır məhsul:

$$0,56 \cdot 1232,7 + 0,49 \cdot 410,9 = 891,6 \text{ kq}$$

v) Ölçüsü 1 mm – dən kiçik olan və prosesə qaytarılan:

$$0,18 \cdot 1232,7 + 0,19 \cdot 410,9 = 299,8 \text{ kq}$$

Dənəvərləşdirici barabana daxil olan quru maddələrin miqdarı:

a) Neytrallaşmış superfosfat 908,9 kq

b) Qaytarılan maddə 290,9 kq

$$\text{Cəmi: } 908,9 + 290,9 = 1199,8 \text{ kq}$$

Dənəvərləşdirici barabanda kütlənin optimal nəmliyi 17,5% olduğu, dənəvərləşdiricidə alınan xam dənələr:

$$\frac{1199,8}{0,825} = 1454,3 \text{ kq}$$

Dənəvərləşdiricidəki gübrəni 17,5%- ə qədər nəmləşdirmək üçün sərf olunan suyun miqdarı:

$$1454,3 - 290,9 - 1009,1 = 154,3 \text{ kq}$$

Burada: 1009,1 kq neytral nəm superfosfatın miqdarıdır. Superfosfatın qurudulması zamanı buxarlanan suyun miqdarı:

$$1454,3 - 290,9 - 937 = 226,4 \text{ kq}$$

Dənəvər superfosfatın tərkibi:

$$\text{MəniməsənİLƏN } P_2O_5 = \frac{195 \cdot 100}{937,0} = 20,8\%$$

$$\text{Sərbəst } P_2O_5 = \frac{15 \cdot 100}{937,0} = 1,59\%$$

$$\text{Su} = \frac{28,1 \cdot 100}{937,0} = 3\%$$

$$\text{Flüör} = \frac{(9 - 1,75) \cdot 100}{937,0} = 0,77\%$$

1 t dənəvər superfosfat istehsal etmək üçün:

$$\text{Sadə superfosfat} = \frac{1000}{937,0} = 1,06t$$

$$\text{Əhəngdaşı} = \frac{17,4 \cdot 1000}{937,0} = 18,56 \text{ kq}$$

Dənəvərləşdiricidə superfosfatın nəmləşdirilməsi üçün lazımı olan su:

$$\frac{154,3 \cdot 1000}{937,0} = 164,6l$$

Superfosfatın dənəvərləşdirilməsinin material balansı aşağıdakı cədvəldə verilir:

Material balansı

Cədvəl 17

Material	kq	%	Hazır məhsul	kq	%
Sadə superfosfat	1000	67,5	Dənəvər superfosfat	937	63,5
Əhəngdaşı	17,5	1,1	Su buxarı	226,5	15,5
Qaytarılan narın fraksiya	299,9	21,0	Qaytarılan fraksiya	299,8	20,5
			Karbon qazı	6,5	0,43
Su (nəmləşdirmək üçün)	154,3	10,4	Flüorlu qazlar	1,9	0,15
Cəmi:	1471,7	100,0	Cəmi:	1471,7	100,0

Bu məlumatlara əsaslanaraq prosesin istilik balansını da tərtib etmək olar.

Kalium gübrələri

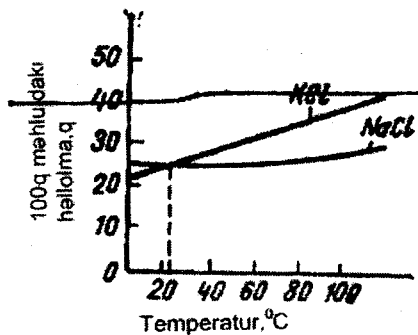
Kalium gübrələrini istehsal etmək üçün əsas xammal kimi təbii kalium duzlarından istifadə edilir. Belə duzlardan

silviniti $KCl \cdot NaCl$, karnalliti $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$, kainati $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$ və s. göstərmək olar. Silvinitin tərkibində 25-30% KCl , 65 - 70% $NaCl$ olur. Silvinitdən alınan KCl müstəqil gübrə kimi işlədilir, yaxud onun əsasında kompleks gübrə istehsal olunur.

Silvinitdən alınan KCl üç növə ayrılır: 1) əla növ (KCl – 99%); 2) birinci növ (98,3% KCl) 3) ikinci növ (95% KCl). Bu üsulla alınan KCl -ə 60%-ə qədər K_2O uyğun gəlir.

Kalium-xlorid silvinitdən iki metodla ayrılır: 1) haluqriya metodu (həllolma qabiliyyətinə əsaslanır; 2) flotasiya metodu.

0–100^oS intervalında natrium-xloridin həll olması təxminən dəyişmir. Kalium-xloridin həll olması isə temperaturun artması ilə artır (şəkil 83).



Şəkil 83. KCl və $NaCl$ duzlarının suda həll olmasını temperaturdan asılılıq grafiqi.

Natrium-xloridin həllolma əyrisi kalium-xloridin həllolma əyrisi ilə 26^oS-də kəsişir. Bu onların həllolmalarının həmin temperaturda eyni olduğunu göstərir. 26^oS-dən aşağı temperaturda kalium-xloridin həll olması natrium-xloridin həll olmasından aşağı, 26^oS-dən yuxarı temperaturda isə əksinədir.

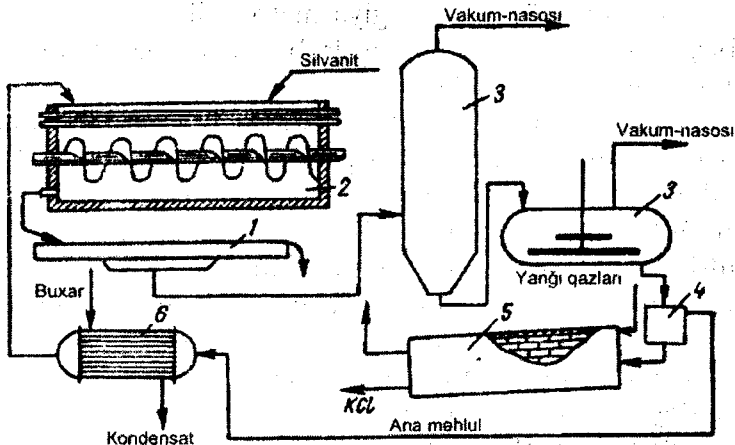
Təcrübə nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, 100^oS-yə qədər qızdırdıqda kalium-xloridin həll olması natrium-xloridin həll olmasından təxminən iki dəfə çoxdur. Doymuş məhlulu soyutduqda isə qarışıqdan ancaq kalium-xlorid duzu ayrılır. Kalium-xloridin kristallarını ayırdıqdan sonra məhlul yenidən 100^oS-yə qədər qızdırılır. Bu məhlul

kalium-xloridin doymamış, natrium-xloridin isə doymuş məhlulu olur. Bu yolla kalium-xloridlə natrium-xlorid bir-birindən ayrılır.

Kalium-xloridin silvinit tərkibindən ayrılma prosesinin sxem 84-cü şəkildə verilmişdir.

Silvinit şnekə (2) verilməzdən əvvəl xırdalanır. hissəciklərin ölçüsü 5 mm-dən çox olmur. Orta hərəkət sürətini artırmaq üçün fazaların əks-axın prinsipindən istifadə edilir. Şnekə kalium-xloridin doymamış və natrium-xloridin doymuş məhlulu, həmin məhlula isə xırdalanmış silvinit əlavə edilir. Silvinit həmin məhlulda qələviləşir. Şnekdəki məhlulun temperaturu 110 – 120^oS olur. Şnek düzbucaqlı şəkildə olub, 20 – 21 m uzunluğu olur və onun içərisi qarışdırıcı ilə təchiz olunmuşdur. Həll olmayan natrium-xlorid süzgedə (1) kalium-xlorid məhlulundan ayrılır.

Kalium-xloridin kristallaşması vakuum kristallaşdırıcıda (3) aparılır.



Şəkil 84. KCl-in silvinitdən istehsal sxemi:

1-süzgəc, 2-şnek, 3-vakuum kristallaşdırıcılar, 4-sentrifuqa, 5-quruducu baraban, 6-borulu qızdırıcı.

Kristallaşdırıcı bir neçə polad qurğudan ibarətdir. Bu aparatlardan biri şaquli, qalanları isə üfüqi yerləşdirilir. Həmin aparatlar qarışdırıcı ilə təchiz olunur. Kristallaşdırıcı aparatlarda məhlul səpələnməklə qarışır. Vakuum təzyiği birinci aparatda 360 mm c. süt., axırındada isə artaraq 740 mm. c. süt., olur. Vakuum kristallaşdırıcıda kalium-xloridin suyu buxarlanır. Ona görə də temperatur aşağı düşür və xlorid kristallaşır. Kalium-xlorid kristallarına ana məhluldan sentrifuqada (4) ayrılır və quruducu barabanda (5) qurudulur. Quruducu baraban yanğı qazlarının istiliyi hesabına isinir. Kalium-xlorid kristalları quruducu barabanda nəmliyi 1% olana qədər qalır. Kalium-xlorid kristalları ayrıldıqdan sonra ana məhlul borulu qızdırıcıya (6) daxil olur, 110 – 112^oS-yə qədər qızdırılır və şnekə (2) qaytarılır. Şnekədə kalium-xloridin qələviləşməsi yenidən başlanır. Süzgəcə yığılan quru duzda 91% *NaCl* və 1,7% *KCl* olur. Sərf olunan xammaldan 90%-ə qədər *KCl* alınır. Yapıxmayan kalium-xlorid almaq üçün halurgiya metodu ilə flotasiya metodu birgə tətbiq olunur. Bəzən də bu məqsədlə alınan duza amin tipli üzvi birləşmələr əlavə olunur.

Flotasiya metodu kalium-xloridin mayədə müxtəlif cür islanmasına əsaslanır. Bu proses doymuş xam kalium-xlorid məhlulunda aparılır. Flotasiya metodunun bir sıra üstünlükləri vardır: proses yüksək temperaturda deyil, adi şəraitdə aprılır, korroziya sürəti azalır, kapital qoyuluşu azdır, alınan duzun kristall hissəcikləri böyük olduğu üçün yapıxmır. Bu metodda həmçinin buxardan da istifadə edilmir. Yuxarıdakı üstün cəhətlərinə görə kalium-xloridin maya dəyəri flotsiya üsulunda daha aşağı olur.

Beləliklə, məlum olur ki, kənd təsərrüfatında tətbiq olunan gübrələr əsasən azotlu, fosforlu və kaliumlu gübrələrdir. Bunların kimyəvi tərkibi ümumi halda 18-ci cədvəldə verilir.

Bəzi mineral gübrələrin tərkibi

Cədvəl 18

Gübrənin adı	Başlıca komponentlər	Qida maddələri
1	2	3
<i>Fosforlu gübrələr</i>		
Sadə superfosfat	$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot CaSO_4$	16-20% P_2O_5
İkiqat superfosfat	$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$	38-50% P_2O_5
Presipitat	$CaHPO_4 \cdot 2H_2O$	27- 42% P_2O_5
Fosforit unu	$Ca_3F(PO_4)_3$	19 – 25% P_2O_5
Tomasslak	$4CaO \cdot P_2O_5 + 5CaO \cdot P_2O_5 \cdot SiO_2$	1 – 20% P_2O_5
Termofosfat	$Na_2O \cdot 4CaO \cdot P_2O_5 \cdot SiO_2$	20 -35% P_2O_5
<i>Azotlu gübrələr</i>		
Ammonium şorası	$NH_4 NO_3$	33 -35% N
Ammonium sulfat	$(NH_4)_2 SO_4$	20 -21% N
Natrium şorası	$NaNO_3$	16% N
Kalsium şorası	$Ca (NO_3)_2$	13 – 15% N
Karbamid	$CO (NH_2)_2$	42 – 6% N
Əhəngdaşlı ammonium şorası	$NH_4NO_3 + CaCO_3$	18 – 20% N
<i>Kalimulu gübrələr</i>		
Silvinit unu	$KCl + NaCl$	12 -15% K_2O
Kalium-xlorid	KCl	50 – 62% K_2O
Kalsium-sulfat	K_2SO_4	48 – 52% K_2O

Mürəkkəb gübrələr		
Ammofos	$NH_4H_2PO_4 + (NH_4)_2HPO_4$	$\left\{ \begin{array}{l} 11-14\% N \\ 48-55\% P_2O_5 \end{array} \right.$
Kalium şorası	KNO_3	$\left\{ \begin{array}{l} 13,5\% N \\ 46,5\% K_2O \end{array} \right.$
Nitrofoska	$CaHPO_4 \cdot 2H_2O + NH_4H_2PO_4 + NH_4NO_3 + KCl$ və ya $NH_4NO_3 + CaHPO_4 \cdot 2H_2O + NH_4H_2PO_4 + CaSO_4 \cdot 2H_2O + KCl$	$\left\{ \begin{array}{l} 12-20\% N \\ 10-14\% P_2O_5 \\ 10-21\% K_2O \end{array} \right.$

XI FƏSİL. SODA İSTEHSALI

Qələvi-soda məhsulları içərisində ən çox istifadə olunan maddə sodadır. Ona görə də soda öz istehsal həcminə görə yalnız mineral turşulardan geri qalır. Təbiətdə də müxtəlif soda növlərinə rast gəlmək olur: Natron $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$, trona $Na_2CO_3 \cdot NaHCO_3 \cdot 2H_2O$, termomatrit $Na_2CO_3 \cdot 2H_2O$ və s.

Təbii sodalar sənayenin tələbatını heç vaxt ödəyə bilməmiş və indiki dövrdə də ödəyə bilməz. Ona görə də sənayedə müxtəlif soda növləri istehsal olunur. SSRİ-də soda XIX əsrin əvvəllərindən alınmağa başlanmışdır.

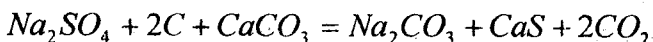
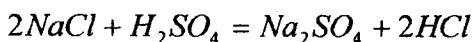
Soda kimyəvi təmiz halda ağ, kristall tozdur və $8540^{\circ}S$ -də əriyir. O havadan karbon qazını və nəmi udaraq tədricən çay sodasına $NaHCO_3$ çevrilir. Soda Na_2CO_3 çox böyük

sənaye əhəmiyyətinə malikdir. Özü bilavasitə müxtəlif məqsədlər üçün tətbiq olunmaqdan başqa, digər kimyəvi məhsulların istehsalı üçün də qiymətli xammaldır. Soda sabun, şüşə, kaustik soda $NaOH$, kağız və s. alınmasında ilkin maddə kimi işlədilir. Cəf suyun yumşaldılmasına külli miqdarda soda sərf olunur.

Soda iki üsulla alınır:

1. Leblan üsulu (sulfat üsulu);
2. Solve üsulu (ammonyak üsulu).

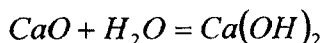
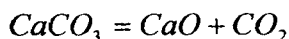
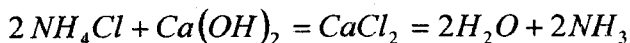
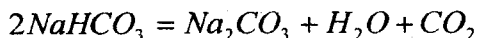
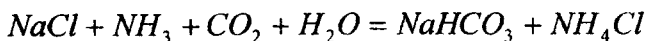
Leblan üsulu. Bu üsul hələ 1971-ci ildə fransız həkimi və kimyaçısı Leblan tərəfindən təklif olunmuşdur. Üsulun mahiyyətini aşağıdakı reaksiyalar təşkil edirdi: təbii natrium-xlorid sulfat turşusu ilə qarışdırılır və alınan natrium sulfat təmizləndikdən, qurudulduqdan sonra fırlanan elektrik sobalarında kömür və əhəngdaşı ilə birgə $950 - 1000^{\circ}S$ -də əridilirdi.



$Na_2CO_3 + CaS$ birlikdə alınır və soda ərintisi adlanırdı. Ərinti xırdalanırdı, qələvi ilə işlənərək kalsium-sulfiddən ayrılırdı. Alınan sodanın bir qismi karbon qazı ilə işlənərək çay sodasına çevrilirdi. Bu üsulla alınan soda təmiz olmurdu, keyfiyyəti aşağı olurdu, baha başa gəlirdi və böyük həcmli qurğular tələb edirdi. Ona görə də hazırda bu üsulla soda istehsal olunmur. Onu daha əlverişli olan Solve üsulu əvəz etmişdir.

Solve üsulu. 1830-cu ildə İngiltərədə sodanı ammonyak əsasında almağa başladılar. Bu üsul çox səmərəli üsul idi. Üsul getdikcə təkmilləşirdi. Nəhayət 1861-ci ildə Solve qardaşları tərəfindən bu üsulla soda almaq üçün böyük məhsuldarlığa malik texnoloji qurğu təklif olunurdu. Hazırda soda bütün dünyada Solve üsulu ilə istehsal olunur. Bu üsu-

lun mahiyyətini aşağıdakı ümumi reaksiyalarla göstərmək olar.



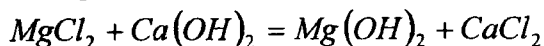
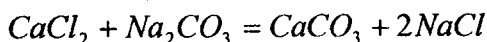
Reaksiyaların tənliklərindən görünür ki, bu üsulla soda istehsalının bütün mərhələləri bir- birilə əlaqədardır.

Solve üsulu ilə soda istehsalı bir sıra əsas və köməkçi proseslərdən ibarətdir.

Əsas proseslər aşağıdakılardır:

1. *Duz məhlulunun təmizlənməsi və hazırlanması.*

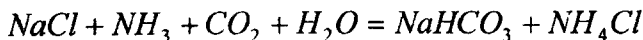
Xammal kimi götürülən xörək duzunun tərkibində mexaniki qarışıqlar (qum) və başqa duzların qarışığı olur. Xüsusilə kalsium və maqnezium duzları sodanın keyfiyyətini aşağı salır. Ona görə də kalsium ionlarını soda ilə, maqnezium ionlarını isə sönmüş əhənglə çökdürürlər.



Mexaniki qarışıqlar duz məhlulundan çökdürülməklə ayrılır.

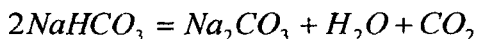
2. *Təmizlənmiş duz məhlulunun ammonyak məhlulu ilə doydurulması.*

Bu prosesdə duz məhlulunun ammonyak və karbon qazı ilə qarşılıqlı təsirindən soda alınır. Alınmış $NaHCO_3$ kristalları ayıraraq çökdürülür. Bu mərhələ *karbonizasiya* adlanır.



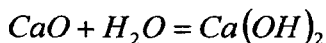
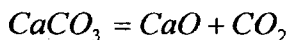
3. *Natrium- hidrokarbonain ammonium- xlorid məhlulundan süzüləklə ayrılması.*

4. *Natrium- hidrokarbonain xüsusi sobalarda közərdilərək sodaya çevrilməsi. Bu mərhələ kalsinasiya adlanır.*



5. *Ammonium- xloridə əhəng südü ilə təsir edilməklə ammoniyakın ayrılması.* Alınan ammoniyak karbonizatora qaytarılıraq oraya verilən xam ammoniyakla birləşdirilir.

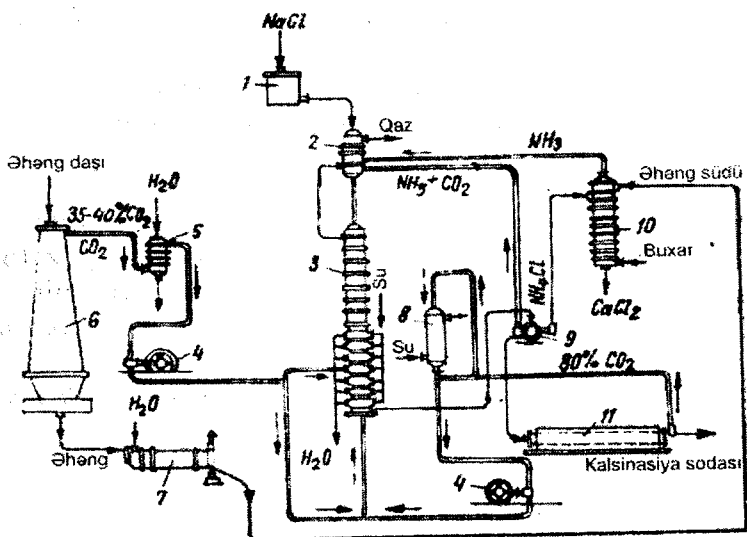
Köməkçi proseslər aşağıdakılardır: 1) *əhəngdaşının sobada yandırılaraq sönməmiş əhəngə və karbon qazına çevrilməsi*; 2) *sönməmiş əhəngin söndürülərək əhəng südüə çevrilməsi*:



Solve üsulu ilə işləyən qurğu iki hissədən ibarətdir:

a) əhəngdaşını sönməmiş əhəngə və karbon qazına çevirən hissə; b) duz məhlulu, ammoniyak və karbon qazının qarşılıqlı təsirindən soda alınan hissə. Bu qurğunun sxemi 85- ci şəkildə göstərilmişdir.

Qatılığı 305-310 q/l olan təmizlənmiş natrium- xlorid məhlulu basqı çəninə (1) doldurulur və oradan öz axını ilə absorberə (2) daxil olur. Orada distilyatordan (10) gələn ammoniyak və vakuum- süzgecdən (9) gələn ammoniyak-karbon qazı qarışığı ilə görüşərək qismən karbonizasiyaya uğrayır. Ammoniyakın miqdarını prosesdə sabit saxlamaq üçün absorberə (2) daim xam ammoniyak verilir. Qarışıq bir neçə absorberi keçdikdən sonra soyudulur və yuxarıdan karbonizatora (3) daxil olur. Karbonizatorun orta hissəsinə yuyucuda (5) su ilə yuyularaq təmizlənmiş əhəngdaşı yandıran sobadan (6) alınan karbon qazı, aşağı hissəsinə isə soda sobasından (11) çıxan və soyudulan (8) karbon qazı verilir. Bu məqsədlə kompressorlardan (4) istifadə olunur. Soda sobasından (11) ayrılan qazın 90% - i, əhəngdaşı yandıran



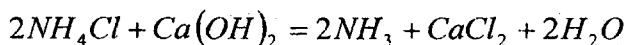
Şəkil 85. Solve üsulu ilə soda istehsal edən qurğunun sxemi:

- 1- basqı çəni, 2- absorber, 3- karbonizator, 4- kompressorlar,
 5- yuyucu, 6- əhəngdaşı yandıran soba, 7- söndürücü aparat,
 8- soyuducu, 9- vakkum- süzgəc, 10- distilyator, 11- soda sobası.

sobadan (6) alınan qazın isə 35-40%- i karbon qazından ibarət olur. Karbonizasiya nəticəsində alınan natrium- hidrokarbonat kristalları, ammonium- xlorid və reaksiyaya daxil olmayan natrium- xlorid az miqdarda ammonium- karbonatla birlikdə məhlul halında öz axını ilə vakuüm süzgəcə daxil olur. Burada natrium- bikarbonat məhluldan ayrılır və soda sobasına (11) verilir. Sobada kalsinasiyaya uğrayaraq parçalanır və natrium- karbonat hazır məhsul kimi xaric olur. Alınan karbon qazı ilə soyuducunu (8) keçərək kompressor (4) vasitəsilə aşağıdan karbonizatora (3) verilir. Vakuüm - süzgəcdən filtrat (ammonium- xlorid, ammonium- karbonat və bikarbonatları) distilyatora (10) daxil olur. Orada əhəngdaşı yandıran sobada (6) alınan əhəngin su ilə söndürülməsindən (7) əmələ gələn əhəng sūdü ilə qarışır.

Ammonium karbonat və bikarbonat parçalanaraq ammonyak və karbon qazı əmələ gətirir. Ammonium- xlorid isə əhəng südü ilə ammonyak verir. Kalsium - xlorid və reaksiyaya daxil olmayan natrium- xlorid distilyatordan xaric olur. Ammonyak və karbon qazı absorberə (2) qaytarılır.

Distilyatorda aşağıdakı reaksiyalar gedir:



Distilyator (10) buxarla qızdırılır.

Əhəngdaşı sobada (6) 900- 1100°S- də parçalanır. Alınan karbon qazı (35- 40% CO_2) karbonizatora, əhəng isə söndürücüyə (7) ötürülür. Söndürücüdə su ilə söndürülən əhəng, əhəng südü halında ammonium-xloridi regenerasiya etmək üçün distilyatora (10) verilir. Distilyatordan tullantı kimi ayrılan kalsium-xlorid zavoddan bir qədər aralı olan xüsusi şlam hovuzlarına doldurulur. 1 t soda istehsal etdikdə 9 m³ kalsium- xlorid məhlulu əmələ gəlir.

Soda istehsalında qaz-maye sistemindən istifadə olunduğuna görə birqapaqlı nimçələri olan barbotaj kalonlarından (səh.51) istifadə edilir. Hər bir rəf yerdəyişmə prinsipi üzrə işləyir. Lakin rəflərin sayı kalonda çox olduğuna görə onun ümumi rejimi ideal sıxışdırma kalonlarının iş rejiminə yaxınlaşır. Bu səbəbdən də soda istehsalında istifadə olunan barbotaj kalonlarının hesabı ideal sıxışdırma kalonlarının qanunauyğunluqlarına əsasən aparılır. 1t 95%- li soda almaq üçün sərf olunan xammalın təxmini miqdarı aşağıdakı kimidir:

Təmizlənmiş duz məhlulu (305-310 q/l $NaCl$), m ³	5,0
Ammonyaklı su (25% NH_3), kq	10,0
Əhəngdaşı (100% $CaCO_3$), kq	1100

Su buxarı, kC	5,24 · 10 ³
Elektrik enerjisi, kVt-saat	40
Koks, kq	90
Mazut, təbii qaz, kq	120
Su, m ³	75

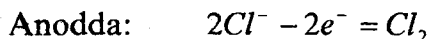
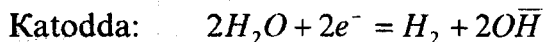
Kaustik soda istehsalı

Kaustik sodaya yeyici qələvi də (*NaOH*) deyilir. Kaustik soda yaxşı həll olan, qeyri-şəffaf, ağ kristall maddədir. 328^oC- də əriyir. Çox hiqroskopik olduğuna görə nəmi özünə çəkir və həll olur. Onun həll olması istiliyin ayrılması ilə gedir. Kaustik soda natrium- hidroksid (*NaOH*) kimi sabunbişirmədə, süni liflər və kağız istehsalında, üzvi sintez sənayesində, gön- dəri məmulatlarının aşılmasında, neft məhsullarının təmizlənməsində və s. geniş tətbiq olunur.

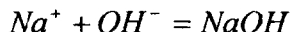
Kaustik soda sənayedə üç üsulla olunur:

1. *Elektrokimyəvi üsul.*
2. *Əhəng üsulu.*
3. *Ferrit üsulu.*

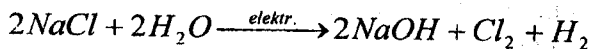
Elektrokimyəvi üsul. Elektrokimyəvi üsul daha çox yayılmışdır. Bu üsulün üstün cəhəti ondan ibarətdir ki, proses zamanı eyni zamanda üç sənaye məhsulu alınır (*NaOH*, *Cl₂*, *H₂*). Bu məqsədlə natrium-xlorid məhlulu elektroliz edilir (səh.176). Katodda su molekulları reduksiya olunur, anodda xlor ionları oksidləşir.



Mühitdə qalan natrium və hidrosil ionları birləşərək natrium-hidroksid əmələ gətirir:

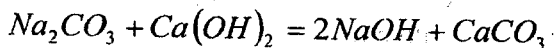


Reaksiyanın ümumi tənliyi:



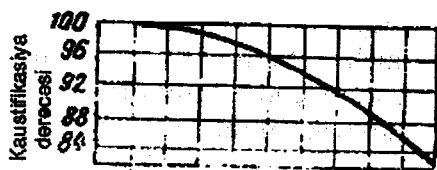
Üsulun digər üstün cəhəti ondan ibarətdir ki, ucuz elektrik enerjisindən istifadə olur.

Əhəng üsulu. Əhəng üsulu geniş yayılmış üsullardan biridir. Bu üsulla natrium- hidroksid almaq üçün 10- 12%- li natrium- karbonat məhlulu sönmüş əhənglə 80- 90°C- də qarışdırılır.



Bu proses *kaustifikasiya* prosesi adlanır. Bu səbəbdən də natrium- hidroksidə kaustik soda adı verilmişdir.

NaOH-in alınması, yəni kaustifikasiya prosesi soda məhlulunun qatılığından və temperaturdan asılıdır. Təcrübələr nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, məhlulda sodanın qatılığı 12-13%- dən çox olduqda onun artığı alınan kalsium-karbonatla birləşərək ikiqat duz olan personit $CaCO_3 \cdot Na_2CO_3$ əmələ gətirir. Bu da sodanın sərfini artırır. Bunu nəzərə alaraq kaustifikasiya üçün 10- 12%- li Na_2CO_3 məhlulu götürülür. Soda qatılığının natrium - hidroksid çıxımına təsir qrafiki 86- cı şəkildə göstərilir.



Şəkil 86. Soda məhlulu qatılığının kaustifikasiya prosesinə təsiri.

Əyrinin xarakterindən görünür ki, məhlulun qatılığı artıqca natrium- hidrok- sidin çıxımı azalır. So- da məhlulunun qatılığı 10- 12% olduqda onun kaustik sodaya çevril- mə dərəcəsi 94- 95% olur.

İlkin qatılığ çox olduqda kaustik sodanın çıxımı ona görə azalır ki, əhəng soda ilə reaksiyaya girdikdə alınan kal- sium - karbonat suda pis həll olduğundan reaksiyanın gedi-

şinə mane olur və beləliklə də, sodanın çevrilmə dərəcəsini azaldır. Soda məhlulunun müxtəlif qatılıqlarında onun natrium-hidroksidə çevrilmə dərəcəsi 19-cu cədvəldə verilir.

Soda məhlulu qatılığının natrium-hidroksidin çıxımına təsiri

Cədvəl 19.

Na_2CO_3 məhlulunun qatılığı, %-lə	Na_2CO_3 -ün $NaOH$ -a çevrilmə faizi	Na_2CO_3 məhlulunun qatılığı, %-lə	Na_2CO_3 -ün $NaOH$ -a çevrilmə faizi
5,0	99,0	13,2	93,7
9,0	97,2	15,0	91,2
10,3	95,0	18,8	84,8

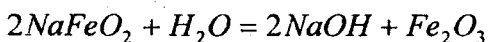
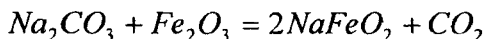
Temperaturun dəyişməsi ilə natrium-hidroksidin çıxımı dəyişir. Təcrübələr göstərmişdir ki, temperatur artdıqda natrium-hidroksidin çıxımı azalır. Bunun səbəbi odur ki, temperaturun artması ilə kalsium-hidroksidin həll olması azalır. Beləliklə də reaksiyanın getməsi çətinləşir. Ona görə də proses 80- 90^oS - də aparılır. Lakin bəzi zavodlarda temperaturu 100^oS-yə qədər yüksəldirlər. Bu zaman nəzərə alırlar ki, göstərilən temperaturda kalsium- karbonatın və başqa mexaniki qatışıqların çökmə sürəti artır.

Əhəng üsulu ilə işləyən qurğuların əsas aparatları şaquli və üfüqi kaustifikatorlardır. Şaquli kaustifikator hündürlüyü 13m, diametri 3m olan çuqun silindrdən ibarətdir. Qurğu qarışdırıcı və elektrik mühərriki ilə təchiz olunmuşdur. Mühərriklə birləşdirilən val 4 dövr/dəqiqə sürətlə fırlanır.

Üfüqi kaustifikator azca maili yerləşdirilir. Qurğu hündürlüyü 15m, diametri 2,5 m olan poladdan hazırlanmış silindirdir. Polad baraban hər iki tərəfdən qapaqla bağlanır. Qapağın birindən soda məhlulu və əhəng daxil olur, digərindən isə qələvi suspenziyası və reaksiyadan alınan, eləcə də parçalanmayan $CaCO_3$ xaric edilir.

Alınan $NaOH$ məhlulu təmizləndikdən sonra xüsusi qurğularda süzəcdən keçirilir və buxarlandırılır. Qatılığı 600- 700 q/l olan məhlul əridici qazanlarda susuzlaşdırılır və əridilərək dəmir barabanlara doldurulur. Kaustik soda məhlulunubuxarlandırma prosesi hər üç üsulla eynidir. Əhəng üsulu ilə soda istehsalında bir ton 93- 94%- li kaustik soda almaq üçün 1,5-1,6 t 95%- li Na_2CO_3 və 1,5t 95%- li əhəngdaşı sərf olunur.

Ferrit üsulu. Bu üsul sodanın dəmir 3- oksidlə qarışığından ibarət olan şixtanın közərdilməsi ilə həyata keçirilir. Prosesdə əmələ gələn natrium-ferritin su ilə qələviləşdirilməsindən natrium- hidroksid alınır. Aşağıdakı reaksiyalar kədir:



Bu prosesdə dəmir 3- oksid bir növ katalizator kimi iştirak edir.

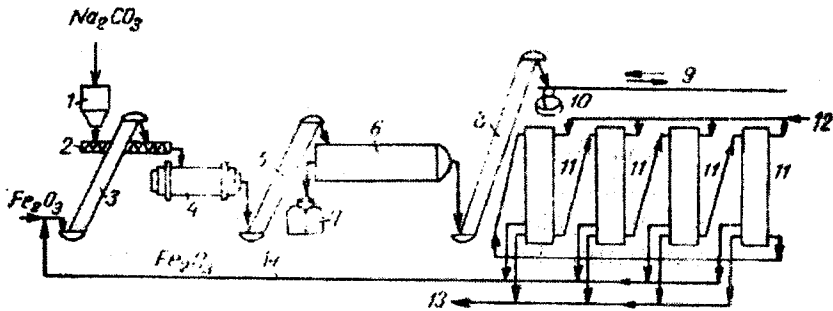
Proses 4 mərhələdə başa çatır:

- 1) $Na_2CO_3 + Fe_2O_3$ şixtasının hazırlanması;
- 2) şixtanın közərdilməsi;
- 3) közərmiş şixtanın isti su ilə qələviləşdirilməsi;
- 4) alınmış natrium-hidroksid məhlulunun buxarlandırılması.

Bu məqsədlə istifadə olunan qurğu çox da mürəkkəb deyil. Qurğunun texnoloji sxemi 87- ci şəkildə göstərilmişdir.

Prosesə verilməmişdən əvvəl bərk natrium-karbonat xırdalanır və bunkerə (1) doldurulur. Bunkerdən(1) şnekə (2) verilən soda elevator (3) vasitəsilə şnekə verilən dəmir 3- oksidlə birgə qarışdırıcıya (4) daxil olur. $Na_2CO_3 : Fe_2O_3 = 1:3$ nisbətində götürülür. Bunlar fırlanan qarışdırıcıda (4) bircinsli şixta alınana qədər qarışdırılır. Şixta elevatorun (5) köməyi ilə közərdilmək üçün fırlanan sobaya (6) verilir.

Sodaya temperatur 1100- 1200^oS- yə çatır. Bu temperaturda soda parçalanır və dəmir 3- oksidlə natrium ferrit ($Na_2O \times Fe_2O_3$) əmələ gətirir. Fırlanan soba (6) bir qədər maili vəziyyətdə qoyulduğundan şixta bir saat ərzində aşağı



Şəkil 87. Ferrit üsulu ilə kaustik soda istehsal edən qurğunun sxemi:

1-bunker, 2-şnek, 3,5,8-elevatorlar, 4-qarışdırıcı, 6-fırlanan soba, 7-toz kamerası, 9-rels, 10vaqon, 11-qələviləşdirmə aparatları, 12-isti su, 13-qələvi məhlulu.

hərəkət edərək ferritə çevrilir. Sobadan xaric olan ferrit ərintisi elevator (8) vasitəsilə relslə (9) hərəkət edən vaqon-
tə (10) tökülür. Vaqonet ferriti qələviləşdirici aparatlara (11) paylayır. Qələviləşdirici apatarlara verilən isti suyun (12) təsiri ilə ferrit qələviləşir. Qurğu elə qurulmuşdur ki, bir aparatda alınan qələvi məhlulu bütün qələviləşdirici aparatları keçərək qatılığını artırır. Ən axırda ferritin yeni hissəsi tökülmüş aparata daxil olan qələvi məhlulu qatı halda xaric olur (13). Qələviləşdirici aparatlarda qalan Fe_2O_3 boşaldılır və yenidən istifadə üçün qarışdırıcıya verilərək prosedə 7-8 ay dövr edir. Sonra Fe_2O_3 ün yeni hissələri ilə əvəz edilir. Fırlanan soba yanğı qazlarının istiliyi hesabına qızır. Həm sobada, həm də qələviləşdirici aparatlarda əks- axın prinsipi-
pindən istifadə edilir. Sobadan çıxan tüstü qazları özü ilə müəyyən miqdar soda və dəmir 3- oksid tozu aparır. Bu

maddələri tutmaq və prosesə qaytarmaq üçün toz tutan kameradan (7) istifadə edilir.

Alınan hazır məhsul içərisində 90- 92% $NaOH$ olur. Bir ton 92%- li kaustik soda almaq üçün 1,4 t- na qədər 97-98%- li Na_2CO_3 və itgi kimi 25- 30 kq Fe_2O_3 lazım olur.

Prosesdən hazır məhsul kimi xaric olan qatı natrium- hidrokسيد məhlulu xüsusi qurğularda buxarlandırılır və bərk hala salınır.

Natrium- hidrokسيد məhlulunu buxarlandırmaqla qatılaşıdırmaq üçün üçkorpumlu vakuüm- buxarlandırma qurğusundan istifadə edilir.

Qatılaşıdırılmış natrium- hidrokسيد məhlulu müxtəlif qazanlarda əridilir və bərk hala salınır. Bu məqsədlə həm atmosfer təzyiqi altında, həm də vakuümdə işləyən qazanlar tətbiq olunur. Natrium- hidrokسيدı açıq qazanlarda əritmək üçün əks- axın prinsipindən istifadə olunmaqla proses 550-600°S- də aparılır. Qazanın tutumu 15- 16 t, əritmə müddəti 3- 4 gün olur. 7- 9 ədəd qazandan istifadə edilməklə prosesin fasiləsizliyi təmin olunur.

Vakuüm altında işləyən qazanlarda proses 660- 670 mm c. süt. təzyiqdə aparıldığı üçün temperatur 320 – 350°S olur. Bu da yanacağa qənaət olunmasına imkan verir.

XII FƏSİL. SİLİKATLAR TEXNOLOGİYASI

Silikat sənayesi bir neçə müstəqil sənaye sahəsinə bölünür. Bunlardan ən əsasları saxsı məmulatları, yapışdırıcı maddələr və şüşə istehsalı sənayesidir.

Silikat texnologiyası dedikdə, tərkibində SiO_2 olan müxtəlif minerallar və onların qarışığının süni yolla alınması, minerallar və onların qarışığının süni yolla alınması, minerallar və onların qarışığından müxtəlif məmulatların hazırlanması, şüşə və şüşə məmulatlarının istehsalı nəzərdə

tutulur. Silikat sənayesinin buraxdığı material və məmulatlar özlərinə məxsus xassəyə malikdir. Xassələrdəki bu müxtəliflik silikatların struktur elementi olan $[SiO_4]^{-4}$ ionunun tetraedrik quruluşu ilə izah olunur. Bu struktur üçün Si^{+4} və O^{-2} ionları arasındakı rəbitənin çox davamlı olması xarakterikdir. Bu səbəbdən də bir çox silikatlar yüksək bərkliyə, yüksək temperatürə davamlılığa, yüksək ərimə temperaturuna malikdir.

Silikat sənayesi üçün xammal olaraq dağ süxurları, mergel, əhəngdaşı, tabaşir, dolomit, kvars qumu, tuf, trepel, çöl şpatı, nefelin və s. işlədilir. Silikat sənayesinin xammalı kimi domna sobalarından alınan şlak, nefelin şlamı və s. də işlənilə bilər. Silikat xammallarının tərkibi silikatlar, alümosilikatlar və silikat turşusunun digər duzlarından ibarətdir.

Silikat sənayesinin məhsulları xalq təsərrüfatında çox böyük əhəmiyyətə malikdir. Bu sənayenin əsas məhsullarından sement, şüşə, kərpic, örtük materialları, elektrik, istilik və səsi izolə edən materiallar, kimyəvi davamlı materiallar, radio, televiziya və optika sənayesi üçün lazım olan məmulatları, kimyəvi qablar, taralar, bədii məmulatlar, məişət əşyaları və s. daha çox işlədilir.

Son zamanlar silikat sənayesi yeni məhsullar – kimyəvi davamlı materiallar, tökmə üsulu ilə alınan bəzi inşaat materialları, üzvi şüşələr, silisium üzvi birləşmələr də istehsal edir.

Silikat sənayesinin əsas texnoloji prosesləri aşağıdakılardır:

1) xammalın xırdalanması, üyüdülməsi və qarışdırılması; bu əməliyyatlar xammal bərk halda olduqda bütün texnoloji proseslər üçün ümumdür.

2) əmələ gələn şıxtanın yüksək temperaturda emalı. Bu əsas mərhələdir. Bu mərhələdə mineralların sintezi və şüşə kütləsinin əmələ gəlməsi başa çatır.

3) şixtanın diqqətlə qarışdırılması, formalara tökülməsi, formaların qurudulması və s.

Göstərilən mərhələlər həlledici mərhələlərdir. Bunlardan başqa istehsal olunan məmulatın xarakterindən asılı olaraq digər mərhələ və proseslər də mövcuddur.

Saxsı istehsalı

Saxsı dedikdə, müxtəlif mineral qarışıqların formalaşması və ya formaya tökülməsi, qurudulması və bişirilməsi proseslərindən sonra alınan məmulat başa düşülür. Tətbiq sahələrindən asılı olaraq saxsı məmulatlar bir neçə qrupa bölünür:

1. *İnşaat saxsıları*: bu məmulatlar əsasən evlərin və digər binaların quraşdırılması üçün nəzərdə tutulur. Bunlardan adi və dəşikli kərpicləri, kərpic blokları, klinker kərpicini, saxsı plitələri, drenaj və kanalizasiya borularını və s. göstərmək olar.

2. *İncə saxsılar*: əsasən farfor-fayans məmulatları-məişətdə işlədilən qablar, əl-üz yuma vannaları, dekorativ məmulatlar, elektrotexnika saxsıları, laboratoriyalarda işlənən saxsı qablar və s. bunlara misal ola bilər.

3. *Xüsusi saxsılar*: belə məmulatlar radio və aviasiya sənayesində, cihazqayırmada işlədilir və xüsusi xassələrə malikdir.

4. *Odadavamlı saxsılar*: bu saxsılar 1000°C-dən yüksək temperaturda belə, öz xassələrini dəyişmir. Onlardan yüksək temperaturda işləyən sobaların daxili hissəsini örtmək üçün istifadə edilir.

5. *Üzlük saxsıları*: bu saxsılar binaların daxili və xarici divarlarını örtmək üçün tətbiq olunan saxsılardır.

Saxsı sənayesi üçün tələb olunan xammalı iki qrupa bölmək olar:

1. *Plastik materiallar*. Bunlar elə materiallardır ki, su ilə qarışdırdıqda ona istənilən formanı vermək olar və həmin formanı quruduqdan, yaxud bişirildikdən sonra saxlaya bilər. Plastik xammallara ən yaxşı misal gildir. Gilin tərkibi çox böyük intervalda dəyişir. Onun tərkibində əsasən alümosilikatlar, dəmir, kalsium, maqnezium və qələvi metal oksidləri, eləcə də titan oksidi olur. Gilin tərkibinə daxil olan əsas mineral kaolinitdir: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$.

Kaolin gili ən qiymətli xammal hesab edilir. Bu gilın əsas tərkibi kaolinitdən ibarət olduğu üçün həm istiliyə, həm də kimyəvi maddələrə qarşı davamlı olur.

2. *Qeyri-plastik materiallar*. Bunlara kvars SiO_2 , maqnezit $MgCO_3$, dolomit - $MgCO_3 \cdot CaCO_3$, çöl şpatları - $(K, Na)_2O \times Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ və s. aiddir.

Gilin plastikliyini azaltmaq üçün ona kvars, qum, əzilmiş kərpic və kərpic məmulatları əlavə edilir.

Saxsı istehsalı başlıca olaraq aşağıdakı əməliyyatlardan ibarət olur: 1) xammalın hazırlanması, 2) saxsı kütləsinin hazırlanması, 3) kütlənin formalaşdırılması, 4) formaların qurudulması, 5) formaların bişirilməsi, 6) forma üzərində naxışlar salınması, boyanması, yəni onun bədii tərtibatı.

Xammalın hazırlanması dedikdə onun zənginləşdirilməsi, xırdalanması, üyüdülməsi, qarışdırılması və nəmləndirilməsi nəzərdə tutulur. Xırdalanma xüsusi xırdalayıcılarda, üyüdülmə isə kürəcikli dəyirmanlarda aparılır. Xırdalanmış material ələnilir və beləliklə ona müəyyən qranulometrik tərkib verilir.

Saxsı kütləsinin hazırlanması dedikdə, xammalın müəyyən miqdar su ilə xüsusi qarışdırıcılarda qarışaraq xəmrəbənzər kütlənin alınması başa düşülür.

Saxsı kütləsinin formalaşdırılması üç üsulla – quru, yarımquru və plastik üsulla aparılır. Quru formalaşdırma zamanı tozvarı kütlə pres altında sıxılıb müəyyən formalara salınır. Yarımquru üsulda isə saxsı kütləsinə onun 4–16%-i

qədər su əlavə edilir və yenidən preslə sıxılaraq müəyyən formaya salınır.

Plastik üsulla formalaşdırma zamanı xəmrəbənzər kütlə hazırlanır və həmin kütlə müxtəlif tipli maşın və ya preslərlə formalaşdırılır.

Bəzi hallarda saxsı kütləsi tökmə üsulu ilə formalaşdırılır. Bu məqsədlə toz halında kütləyə saxsı kütləsi çəkisinin 30-35%-i qədər su əlavə olunur və horra hazırlanır. Bu *şliker-suspenziya* adlanır. Hazırlanmış horra xüsusi formalara tökülərək qurudulur. Formalar gipsdən hazırlanır. Gips forma nəmi özünə çəkdiyindən kütlə tez bərkiyir. Prosesi sürətləndirmək üçün gips formalar əvvəlcə qızdırılır və sonra onların havası sorulmaqla təzyiqlik altında tökülür. Bu üsulla incə və xüsusi saxsılar hazırlanır.

Formalaşdırılmış saxsı kütləsi müxtəlif növ quruducularda (kamera, tunel) qurudulur.

Bişirmə mərhələsi prosesin ən məsuliyyətli mərhələsidir. Bişirmə zamanı müxtəlif fiziki-kimyəvi çevrilmələr baş verir. Bunun nəticəsində saxsı kütləsi hazır məmulata çevrilərək bərkiyir. Bu mərhələdə prosesin temperatur rejimi çox böyük rol oynayır. Temperatur rejimi pozulduqda məmulatda çatlar yaranır, hazır məhsul əriyə bilər və s. Məsələn, adi inşaat kərpici 1050 – 1100⁰S-də, odadavamlı məmulatlar 1350–1650⁰S-də, turşuyadavamlı məmulatlar 1250–1350⁰S-də, maqneziumlu odadavamlı məmulatlar isə 1550–1680⁰S-də bişirilir.

Məmulatın bişirilməsi üçün müxtəlif bişirmə zonaları olan müxtəlif sobalardan istifadə olunur.

1. Qızdırma zonası; bu zonada mexaniki əlaqəli və hiqroskopik su kütlədən ayrılır.

2. Kimyəvi əlaqəli və hidratasiya suyunun ayrılması zonası.

3. Xüsusi bişirmə zonası; bu zonada bütün kimyəvi proseslər gedir və forma bərkiyir.

4. Bişirilmiş məmulatın soyuma zonası.

Bişirmə sobalarından ən çox yayılanı tunel sobalardır (şəkil 24). Belə sobanın uzunluğu 165 m-ə yaxın olur. Sobanın hər iki ucu açıqdır, onun içərisi bişirmə kanalı adlanır. Bişirmə kanalında relslər yerləşdirilmişdir ki, həmin relslərə saxsı kütləsi ilə dolu vaqonətlər hərəkət edir. Vaqonətlər odadavamlı kərpicdən hazırlanır. Soba qazla yanan lampalarla qızdırılır. Əmələ gələn tüstü qazları vaqonətlərin hərəkətinin əksinə hərəkət edir. Beləliklə də, sobada müxtəlif temperatur rejimi yaranır. Rels yolunun xarab olmamasının qarşısını almaq üçün qum qapayıcıdan istifadə olunur. Platforma yan tərəfdən dəmir örtüklərlə mühafizə olunur.

Sobada boşaltma və doldurma prosesləri mexanikləşdirilmişdir. İş rejimi avtomatik idarə olunur, yanacaq sərfi çox da böyük olmur, çünki, tüstü qazlarının istiliyindən tam istifadə olunur.

Bişirilmiş hazır məmulat üzərinə müxtəlif naxışların salınması, yaxud onun bədii tərtibatı müxtəlif üsullarla həyata keçirilir. Burada məqsəd məmullata dekorativ forma vermək, yaxud onu ətraf mühitin təsirindən qorumaqdır.

İnşaat kərpici. İnşaat kərpici kobud saxsı növünə aid edilir və üç cür olur.

A d i i n ş a a t k ə r p i c i. Bu kərpic tərkibi 53- 81% SiO_2 , 7-23% Al_2O_3 , 2-8 % Fe_2O_3 , 14% CaO az miqdar MgO və qələvi metal oksidlərindən ibarət olan gildən hazırlanır. Gilə az miqdar qum və ya şamot əlavə olunur. Kərpic 1050 – 1100°S – də bişirilir. Adətən, 250×120×65 mm ölçülü kərpiclər hazırlanır. Belə kərpiclər tunel sobalarda bişirilir.

S i l i k a t k ə r p i c i. Bu kərpic prinsip etibarilə saxsı kimi bişirilmir. O, əhəng və qum qarışığından hazırlanır. Formalaşmış saxsı kütləsi avtoklavlarda 8 atm təzyiq altında buxarla emal olunur. Bu zaman əmələ gələn karbonatlar və hidrosilikatlar qumun bir-birinə yapışmasına səbəb olur.

O d a d a v a m l ı k ə r p i c . Odadavamlı kərpic metallurgiyada, kimya sənayesində, maşınqayırma və energetikada, sobaların daxili divarlarını örtmək üçün və s. geniş tətbiq olunur.

Odadavamlı saxsılar, o cümlədən odadavamlı kərpiclər aşağıdakı xassələrə malik olmalıdır.

1. Odadavamlılığa – heç bir dəyişikliyə uğramadan yüksək temperatura tab gətirmək.
2. İnşaat möhkəmliyinə, yəni yüksək temperaturda mexaniki təsirlərə – sıxılmaya, dartılmaya, əyilməyə və s. qarşı möhkəm olmaq.
3. Kimyəvi davamlılığa, yəni aqressiv mühitdə (turş və əsasli mühitdə) isti qazların təsirinə davamlı olmaq.
4. Termiki davamlılığa, yəni geniş intervalda temperatur dəyişməsinə narşlı davamlı olmaq.

Bu tip saxsı məmulatlara silikatlı, alümosilikatlı, şamotlu, maqnezitli saxsılar aid edilir. Belə saxsılar 1550 – 1600⁰S – yə davamlı olur. Maqnezitli odadavamlı materiallar 2000⁰S – dən yüksək temperaturda belə öz forma və xassələrini dəyişməmiş.

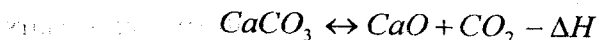
Yapışdırıcı maddələr

Yapışdırıcı maddələr elə maddələrə deyilir ki, onlar toz halında su ilə qarışaraq xəmirəbənzər plastik kütlə əmələ gətirir və qaldıqda bərkilərək daşvari bərk hala keçir, Yapışdırıcı maddənin plastik haldan bərk hala keçmə prosesinə tutma deyilir. Tətbiq sahələrinin müxtəlifliyindən aslı olaraq yapışdırıcı maddələr üç qruppa bölünür.

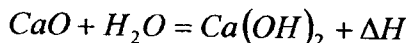
1. Havada bərkihən yapışdırıcı maddələr;
2. Havada və suda bərkiyən yapışdırıcı maddələr (hidravlik yapışdırıcılar);
3. Turşuyadavamlı yapışdırıcı maddələr.

Havda bərkiyən yapışdırıcı maddələr. Bu tip yapışdırıcılara əhəng, gips və maqnezial yapışdırıcı maddələr misal ola bilər. Göstərilən yapışdırıcılar ancaq havada bərkiyir və öz bərkiyini yalnız havada saxlayır. Bu materiallar inşaat və suvaq məhlulları, eləcə də memarlıq və dekorativ hissələr hazırlamaq üçün tətbiq olunur.

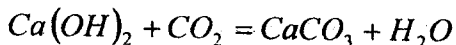
Əhəng çox işlədilən yapışdırıcı maddələrdəndir. Onu almaq üçün əhəngdaşını yüksək temperaturda parçalayırlar.



Proses əhəngdaşı yandırılan sobalarda aparılır (şək. 85). Bu reaksiya endotermiki olduğundan sobada qaz yanacaq ilə yüksək temperatur yaradılır. Alınan əhəng bir neçə növə bölünür: 1) iri parçalı sönməmiş əhəng (tərkibi əsasən CaO -dən ibarətdir), 2) xırdalanmış sönməmiş əhəng, 3) toz halında olan sönməmiş əhəng, 4) sönmüş əhəng – hidrat əhəngi (əsas tərkibi $Ca(OH)_2$ – dən ibarətdir), 5) əhəng xəmiri – sönmüş əhəngin suyunu artırıqda plastik kütlə alınır (əsas tərkibi $Ca(OH)_2$ və sudan ibarət olur).

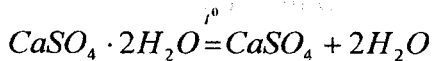


Əhəng məhlulünün bərkiməsi (tutması) həm suyun buxarlanması, həm də havada olan krabon qazının udulması hesabına gedir.



Əhəngin bərkimə prosesi uzun müddət davam edir. Bu zaman səthdə əmələ gələn $CaCO_3$ təbəqəsi karbon qazının udulmasını və suyun buxarlanmasını çətinləşdirir. Əhəng divarçəkmədə, suvaq işlərində, kərpic istehsalında, müxtəlif blok və plitələrin hazırlanmasında yapışdırıcı maddə kimi işlədilir.

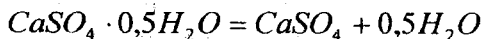
Gips yapışdırıcılara misal olaraq anhidridi $CaSO_4$ göstərmək olar. Onu almaq üçün təbii gipsi (ikisulu gipsi) su-suzlaşdırmaq lazımdır:



Təbii gipsin susuzlaşması prosesini tədricən də aparmaq olar.



Nəticədə alınan yarımşulu cips anhidridə çevrilir:



Bu proses 150 – 200°S – də aparılır.

Yarımşulu gips $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$ inşaat gipsi adlanır. Belə gips inşaatda və tibdə daha çox işlədilir.

Temperatur 600–1000°S olduqda tam susuzlaşma gedərək anhidrid alınır. Bu zaman kalsium – sulfat qismən parçalanır.



Yüksək temperaturda közərərək bişən material ($CaSO_4 + CaO$) soyuduqdan sonra xırdalanır, üyüdülmür və su ilə qarışdırıldıqda bərkiiyir. Bərkimə prosesi CaO – in $Ca(OH)_2$ – ə və $CaSO_4$ – ün hidrata $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ çevrilməsi hesabına gedir. Belə material sürtünməyə çox davamlı olmasf ilə fərqlənir. Ondən yeraltı tikintilərdə, bütöv döşəmə hazırlanmasında, sühi mərmər almaq üçün və müxtəlif inşaat hissələri hazırlamaq işində istifadə edilir.

Maqnezial gips yapışdırıcı maddələrə kaustik maqnezit MgO və dolomit $MgO + CaCO_3 + CaO$ aiddir. Maqnezial yapışdırıcılar maqnezitin $MgCO_3$ yandırılmasından alınır. Yandırma prosesi şaxtali və ya fırlanan sobalarda 800 – 850°S – də aparılır.

Alınan material kürəcikli dəyirməndə üyüdülmür. Başqa yapışdırıcıdan fərqli olaraq maqnezial yapışdırıcılar su ilə qarışdırılır, çünki suda həll edildikdə bərkiiyən materialın möhkəmliyi azalır və bərkimə prosesi çox yavaş gedir. Maqnezial yapışdırıcılar onlara əlavə edilən doldurucuları

çox yaxşı yapışdırır. Bunun da əsasında ksilolit, fibrolit, itiləyici daşlar və s. hazırlanır.

Ksilolit – ağac ovuntusu maqnezial sementlə qarışdırıldıqdan sonra preslənmiş bərk materialdır. Ondan döşəmələr, pilləkənlər, pəncərə altlıqları və istilik izolyatorları istehsal olunur.

Fibrolit – istilik və səs keçirməyən inşaat materialıdır. Onu almaq üçün ağac sıyrıntıları maqnezial yapışdırıcı ilə qarışdırıldıqdan sonra preslənir və qurudulur.

Hidravlik yapışdırıcı maddələr. Bunlara misal olaraq hidravlik əhəngi, portlandsementi, pussolon, şlak və qlinozem sementlərini və s. göstərmək olar. Ümumi istehsal olunan sementin 50% - ni portlandsement təşkil edir.

Hidravlik əhəng – mergel tərkibli əhəngdaşının natamam bişirilməsindən alınan yapışdırıcı maddədir. Hidravlik əhəngin tərkibi *hidravlik modul* (m) vasitəsilə müəyyən olunur. Hidravlik əhəngin tərkibində olan CaO – in faizlə miqdarının turşu oksidinin faizlə miqdarına nisbəti *hidravliki modul* adlanır.

$$m = \frac{\%CaO}{\%SiO_2 + \%Al_2O_3 + \%Fe_2O_3} \quad (89)$$

Əhəngdaşının bişirilməsi prosesi şaxtalı sobalarda yüksək temperaturda ($900-1100^{\circ}S$) aparılır. Xammal kimi tərkibində 10-20% əhəngdaşı olan materialdan istifadə olunur.

Hidravlik modulun qiyməti 1,7-1,9 intervalda dəyişir. Bu modul böyük olduqda hidravlik əhəng tez və tam sönür. Hidravlik əhəngdən çox da böyük olmayan tikintilərin özüllərini tökmək üçün istifadə olunur. Belə özüllər həm suda həm də su olmayan yerdə bərkiyir və bərkiyi uzun müddə saxlaya bilir.

Hidravlik yapışdırıcılardan ən çox istifadə olunanı *portlandsmentdir*.

Müəyən tərkibli xammaldan bişirməklə alınan klinke-
rin üyüdülməsi nəticəsində əmələ gələn tozvari yapışdırıcı
maddə portlandsement adlanır. Portlandsement alınan
xammalın tərkibində 75% əhəngdaşı, 25% gil olur. Portlan-
dsement klinke, xammalın fırlanan sobada yandırıldıqdan
sonra kürəciklər üyüdüldükdən sonra portlandsement to-
zuna çevrilən yarımfabrikatdır.

Portlandsementin tərkibi *silikat modulu*, *qlinozem mo-
dulu*, və *doymuşluq əmsalı* ilə müəyyən olunur.

Silikat modulu (n) silisium 4 – oksidin alüminium – ok-
sid və dəmir – 3 oksidə olan faizlə nisbətini göstərir:

$$n = \frac{\%SiO_2}{\%Al_2O_3 + \%Fe_2O_3} \quad (90)$$

Qlinozem modulu (p) alminium – oksid faizinin dəmir
3 – oksid faizinnə nisbəti ilə ölçülür:

$$p = \frac{\%Al_2O_3}{\%Fe_2O_3} \quad (91)$$

Portlandsementin tərkibi müxtəlif minerallar qarışığı-
na – üç kalsiumlu silikat $3 CaO \cdot SiO_2$, iki kalsiumlu silikat
 $2 CaO \cdot SiO_2$, üç kalsimlu alüminat $3 CaO \cdot Al_2O_3$, dörd kal-
siumlu alümoferrit $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ və MgO uyğun gə-
lir. Göstərilən mineralların nisbi tərkibləri aşağıdakı inter-
vallarda dəyişə bilər:

$3CaO \cdot SiO_2$ – 37 – 60%; $2CaO \cdot SiO_2$ – 15 – 37%

$3CaO \cdot Al_2O_3$ – 7 – 15%; $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ – 10 – 18%

Portlandsementin əsas xarakteristikası onun *doymuş-
luq əmsalıdır*. (DƏ). Doymuşluq əmsalı dedikdə, kremneze-
min əhənglə doymuşluq əmsalı başa düşülür və aşağıdakı
formula hesablanır:

$$D\Theta = \frac{(CaO_{\text{üm.}} + CaO_{\text{sərb.}}) - (1,65Al_2O_3 + 0,35Fe_2O_3 + 0,75O_2)}{2,8(SiO_{2\text{üm.}} - SiO_{2\text{sərb.}})}$$

Doymuşluq əmsalı – $4CaSiO_3, 3CaO \cdot Al_2O_3$ və $CaSO_4$ əmələ gəldikdən sonra klinkerdə qalan əhəngin və kremnezimin $3CaO \cdot SiO_2$ reaksiyaya girməsi üçün lazım olan əhəngin miqdarına nisbətini göstərən kəmiyyətdir. Portlandsement üçün $D\Theta$ 0,8 – 0,95 intervalında dəyişir. $D\Theta$ az olduqda $2CaO \cdot SiO_2$ – nin klinkerdəki miqdarı çox, sementin aktivliyi isə aşağı olur.

Protlandsementin istehsalı iki mərhələdən ibarətdir:

1) yarımfabrikatın-klinkerin istehsalı; bu mərhələ xammalın hazırlanmasından və onun yandırılmasından ibarət olur;

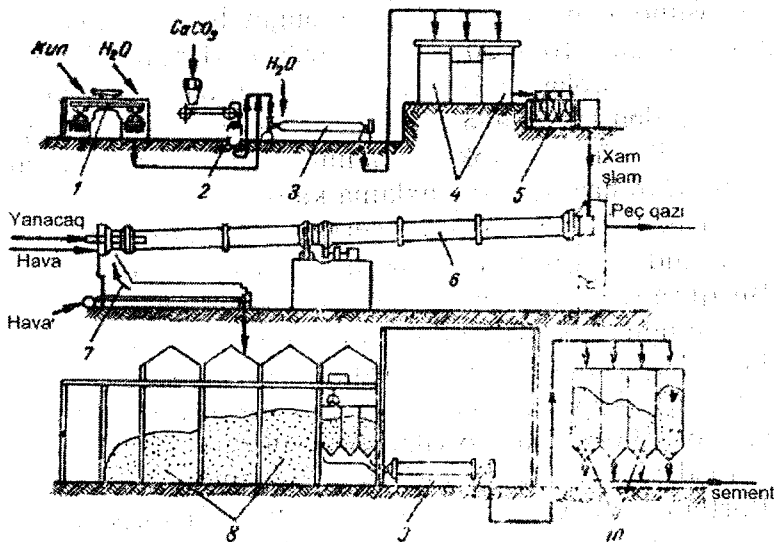
2) klinekrə əlavələr edildikdən sonra onun üyüdülməsi, alınan sementin qablaşdırılması və anbarlara yığılması.

Xammal iki üsulla alınır:

1) **Y a ş ü s u l** – bu üsulda xammalın tərkib hissələri bir – biri ilə suda qarışdırılır.

2) **Q u r u ü s u l** – bu halda xammal üyüdülmür və quru halda qarışdırılır. Yaş üsul daha çox yayılmışdır. Yaş üsulla portlandsement istehsal edən qurğunun sxemi 88 – ci şəkildə göstərilmişdir.

Əhəngdaşı xammal xırdalayıcılarında (2) xırdalanır və borulu xammal dəyirmanına (3) ötürülür. Burada gilqarışdırıcısından (1) verilən gil məhlulu ilə birləşərək tam xırdalanır və bircinsli horra alınır. Dəyirmandan (3) çıxan xammal şlamı şaquli (4) və üfiqi (5) şlam hovuzlarına daxil olur. Yaxşıca qarışdırılmaqla ona lazım olan əlavələr edilir. Hovuzlar dəmir – betondan hazırlanmış və pnevmatik qarışdırıcılarla təchiz olunmuşdur.



Şəkil 88. Yaş üsulla portlandsement istehsal edən qurğunun sxemi:

- 1 - gil qarışdırıcısı, 2 - toxmaqlı xırdalayıcı, 3 - xammal dəyirmanı, 4 - şauqili şlam hovuzu, 5-üfiqi şlam hovuzu, 6 - fırlanan barabanlı soba, 7- soyuducu, 8 - anbar, 9 - sement dəyirmanı, 10 - sement saxlama kamerası.

Xammal qarışığı fırlanan barabanlı sobalarda (6) bişirilir. Soba kömür tozu, qaz yanacaq və ya mazutla qızdırılır. Xammal (şlam) üfiqi hovuzdan (5) sobaya daxil olaraq yanacaq qazlarının əksinə hərəkət edir. Xammalın sobada hərəkəti onun fırlanması hesabına baş verir. Bu zaman ardıcıl olaraq suyun buxarlanması, materialların dehidritasiyası, əhəngdaşının parçalanması və CaO ilə gil komponentləri (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) arasında kimyəvi reaksiyalar gedir. Bişirmə zonasının temperaturu $1450^{\circ}S$ olur. Burada əsas proses—klinkerlərin əmələ gəlməsi başlanır. Alınan klinker soyuq hava ilə soyuducularda (7) soyudulur. Klinker anbarlara (8) $50 - 60^{\circ}S$ -də daxil olur və orada müəyyən vaxt

saxlanır. Bundan məqsəd sərbəst əhəngin hidratlaşmasına imkan verməkdir. 10 – 50 gün anbarda saxlanan klinkerə hidravlik və inert əlavələrlə yanaşı sementin bərkimə prosesini tənzim edən gips əlavə edildikdən sonra o sement dəyirmanında (9) üyüdülərək toz halına salınır. Sement tozu dəmirbetondan hazırlanmış saxlama kamerasında (10) saxlanır. Sement zavoddan istifadə yerlərinə çoxqatlı kacız kisələrdə, yaxud sement daşıyan maşınlarda göndərilir.

Bu qurğuda əsas aparat fırlanan barabanlı sobadır. Onun uzunluğu 118 – 185 m, - diametri 3,5 – 5 m – dir. O, daxildən odadavamlı kərpiclə hörülmüşdür. Buna baxmayaraq odadavamlı örtük müəyyən vaxtdan sonra sıradan çıxır. Ona görə də fırlanan sobalardan eyni zamanda bir neçə ədəd quraşdırılır. Bu da işin fasiləsizliyini təmin edir.

Portlandsementin keyfiyyəti onun möhkəmliyi ilə müəyyən olunur. QOST 10178-62-ə görə portlandsement dörd növdə buraxılır. Bunlar onun markası ilə təyin edilir. 300, 400, 500 və 600 markada buraxılır. Sementin markası sement məhlulunun bərkidikdən 28 gün sonra press altında sıxdıqda onun hər 1 sm²-nin davam gətirdiyi yükün miqdarını göstərir kq/sm² ilə ölçülür.

Sementə müxtəlif xassələr vermək və onun maya dəyərini aşağı salmaq məqsədi ilə ona müxtəlif əlavələr edilir. Belə əlavələrdən hidravlik (aktiv kremnezem, trepel, diotamit) plastikləşdirən (səthi aktiv maddələr), turşuyadavamlı (andezit, beštaunit, qranit) və inert əlavələri (qum, əhəng daşı, dolomit) göstərmək olar.

Göstərilən əlavələr sementdən hazırlanan məmulatın suya və korroziyaya qarşı davamlılığını, elastikliyini və s. artırır.

Müxtəlif əlavələr edilmiş portlandsementin aşağıdakı növləri məlumdur:

Pussolon sementi – portlandsementin klinkerinə 20-50% hidravlik əlavələr edilməklə alınır.

Şlak portlandsement- xırdalanmış yapışdırıcı materialara domna sobasından alınan şlak əlavə etməklə alınır.

Turşuyadavamlı yapışdırıcı maddələrdən turşuyadavamlı sementi, betonu və yaxmanı göstərmək olar. Turşuyadavamlı sement xammalı yandırmadan həll olan şüşə əsasında alınır.

Turşuyadavamlı yapışdırıcı maddələrdən turşuyadavamlı sementi, betonu və yaxmanı göstərmək olar. Turşuyadavamlı sement xammalı yandırmadan həll olan şüşə əsasında alınır. Bu məqsədlə suda həll olan qələvi metal silikatları $K_2O \cdot Na_2O \cdot nSiO_2$ xırdalanmış turşuyadavamlı doldurucularla (andezit, diabaz, kvars) və natrium – silisium – flüoridlə Na_2SiF_6 qarışdırılır.

Turşuyadavamlı sement kimyəvi aparatların daxili divarlarını örtmək, inşaat məhlulu və inşaat betonları hazırlamaq üçün işlədilir.

Şüşə istehsalı

Şüşə öz xassələrinə görə digər silikatlardan fərqlənir. Onun optiki xassələri – şəffaflığı, böyük hissəciklərdə optiki göstəricilərin eyni olması və vaxtdan asılı olmayaraq optiki göstəricilərin dəyişməməsi ən qiymətli xassələridir. Digər tərəfdən şüşə bərkdir və turşuların təsirinə qarşı kimyəvi cəhətdən çox davamlıdır. Şüşənin çatışmayan cəhətləri onun kövrək olması, temperatura qarşı davamlı olmaması və istiliyi pis keçirməsidir. Şüşənin kimyəvi tərkibini dəyişməklə ona lazım olan optiki xassələr vermək mümkündür.

Şüşələr öz tərkiblərinə görə və tətbiq sahələrinə görə müxtəlif olur. Onların təxmini tərkibi və növləri 20 – ci cədvəldə verilmişdir. Cədvəldən görüldüyü kimi kimyəvi tərkibindən və tətbiq sahəsindən asılı olaraq müxtəlif çeşidli şüşə istehsal edilir. Şüşələrin hamısının tərkibi çoxkomponentlidir. Yalnız kvars şüşəsi birkomponentli olub, kremnezəmdən (SiO_2) – dən hazırlanır.

Bəzi məişət və sənaye şüşələrinin təxmini tərkibi

Cədvəl 20

Şüşənin növü	Şüşənin tərkibinə daxil olan komponentlər, %-lə							
	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	PbO	B_2O_3
Pəncərə şüşəsi	70-73	1,5-2	8-10	3-4	14-15	-	-	-
Butulka şüşəsi	69-72	3-4	9-10	2-4	15-16	-	-	-
Qab-qaçaq şüşəsi	73-75	-	-	-	15-16	0-3	-	0-1
Billur şüşə	55-77	-	-	-	-	10-13	30-35	-
Kimyəvi şüşə	68-70	3-5	6-8	1-2	8-10	5-6	-	2-3
Optiki şüşə	47-65	-	-	-	-	6	45	-
Səpələyici şüşə	69-73	4-6	4-5	-	11-16	2-6	-	-
Elektrovakuum şüşəsi	69-70	-	5-6	3-4	12-13	4	-	-
Şüşə lifi	48-56	10-18	5-6	0-8	0,5-2	-	-	6-13

Bütün növ şüşələr soyuqda bərk hala keçməsinə baxmayaraq onların kristal quruluşu bərk maddələrin kristal quruluşundan fərqlənir. Şüşənin kristal qəfəsi düzgün həndəsi fəza qəfəsi deyil. Digər tərəfdən şüşə bərk maddələrdən fərqli olaraq sabit ərimə temperaturuna malik olmur. Ümumi halda şüşənin tərkibini $xR_2O \cdot yRO \cdot zRO_2$ kimi ifadə etmək olar. Burada:

R_2O – qələvi metal oksidlərini (N_2O , K_2O , Li_2O və s.)

RO - qələvi – torpaq metal oksidlərini (CaO , BaO) və ağır metal oksidlərini (PbO , FeO , MnO , CrO).

RO_2 isə SiO_2 , Al_2O_3 , B_2O_3 , P_2O_5 və s. oksidləri göstərir.

Ən çox işlənən şüşə üçkomponentli sistem olub, $Na_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$ formulu ilə ifadə olunur. Tərkibə daxil olan oksidlərin çəki nisbətindən asılı olaraq şüşə müxtəlif xassəli olur. Turşu oksidləri şüşəyə yüksək termiki, kimyəvi və mexaniki davamlılıq verir. Qələvi metal oksidləri şüşənin özlüklüyünü, ərimə temperaturunu aşağı salır və bərkliyini azaldır. Bu oksidlər həmçinin şüşənin termiki və kimyəvi xassələrini pisləşdirir. Şüşələr öz tərkibinə görə inşaat, memarlıq, texniki, kimyəvi, məişət, bədii və optiki şüşələrə bölünür.

Şüşə istehsal etmək üçün işlədilən süni və təbii xammallar beş qrupa bölünür:

1. Şüşə əmələ gətirən maddələr: kvars qumu SiO_2 , soda Na_2CO_3 , potaş K_2CO_3 , natrium sulfat Na_2SO_4 , əhəngdaşı və ya təbəşir $CaCO_3$, maqnezit $MgCO_3$, dolomit $CaCO_3$, $MgCO_3$, barit $BaSO_4$, kaolin $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$, borat turşusu H_3BO_4 , bura $Na_2B_4O_7$, surik Pb_3O_4 və s.

2. Boyalar: şüşədə kolloid məhlul əmələ gətirən metalların oksidləri, məsələn, Cu_2O şüşəni qırmızı rəngə, $CuSO_4$ göy rəngə, Cr_2O_3 , FeO yaşıl rəngə boyayır.

3. Rəngboganlar: bu maddələr şüşənin şəffaflığını itirir və onu süd kimi bulanlıq edir. Belə maddələrdən arsenin, qalayın və qurğuşunun oksid və sulfitlərini göstərmək.

4. Rəngsizləşdiricilər: belə maddələri əlavə etdikdə şüşədə sarı və digər az intensiv rənglər aradan qalxır. Məsələn, MnO_2 əlavə etdikdə FeO -dən əmələ gələn zəif yaşıl rəng itir.

5. Qaz qabarcıqlarından azad edən maddələr: bu maddələr şüşə kütləsinin bütöv olmasını təmin edir. $NaNO_3$, NH_4Cl və s. belə maddələrdəndir.

Şüşə kütləsinin əridilməsi. Xammal şüşəyə yaşıl rəng verən dəmir oksidlərindən təmizləndikdən sonra şüxtə komponentləri yuyulur, qurudulur, xırdalanır və ələkdən keçirilir. Yuma zamanı gilin bir qismi və dəmir oksidləri tərkib-

dən çıxarılır. Xammalın xırdalanması müxtəlif xırdalayıcılarda aparılır. Alınmış narın xammal barabanlı quruducularda qurudulur. Ələkdən keçirildikdən sonra, alınan şixta əritmə sobasına göndərilir.

Şüşə kütləsi əsasən vannalı şüşəridən sobalarda əridilir. Belə vannanın uzunluğu 30 m olur. Vanna üzərindəki boşluqda yanacaq kimi təbii qaz, yaxud generator qazı yandırılır. Yanacaq əvvəlcə generatorlarda qızdırılır və sonra forsunkalar vasitəsilə sobanın alov olan hissəsinə verilir. Şüşənin əridilməsi mürəkkəb fiziki-kimyəvi prosesdir. Bu proses aşağıdakı mərhələləri əhatə edir: 1) 500⁰S-dən aşağı temperaturda hiqroskopik və kristallaşma suyunun ayrılması, üzvi maddənin yanması; 2) 900-1000⁰S-də silikatların əmələ gəlməsi; bu temperaturda şixta qaynar kütləyə çevrilir və kalsium, natrium, maqnezium metallarının silikatları və sərbəst kremnezem əmələ gəlir; 3) 1000-1200⁰S-də şüşə əmələ gəlməyə başlayır. Şüşə kütləsi əriyir, əsasi silikat ərintisində kvarsın və silikatların bir-birində həll olması baş verir. Bu prosesin axırında şəffaf şüşə əmələ gəlir. Lakin həlləlik bircinsli olmur; 4) temperatur 1450-1500⁰S-ə çatdıqda şüşə kütləsi bircinsli olur və onun deqazasiyası gedir. O qaz qabarcıqlarından azad olur. Bu temperaturda şüşə kütləsi bir neçə saat saxlanır; 5) şüşə kütləsinin soyudulması; şüşə kütləsi soyuduqda özlülüyü artır ki, bu da onun formalaşdırılmasına kömək edir. Bu zaman şüşə kütləsinin temperaturu 200-300⁰S aşağı düşür.

Şüşə məmulatlarının hazırlanması. Bu proses şüşə kütləsinə çəkib uzatmaq, üfürmək, formalara tökmək, diyirləmək və presləmək yolu ilə aparılır. Formalaşdırma üsulu hazırlanacaq məmulatın növündən asılı olur.

Şüşəni çəkib uzatmaqla şüşə lövhələr, şüşə borular və şüşə millər hazırlanır. Şüşənin lövhə halına salınması qayıqlı qurgularda aparılır. Belə qurğunun sxemi 89-cu şəkildə verilir.

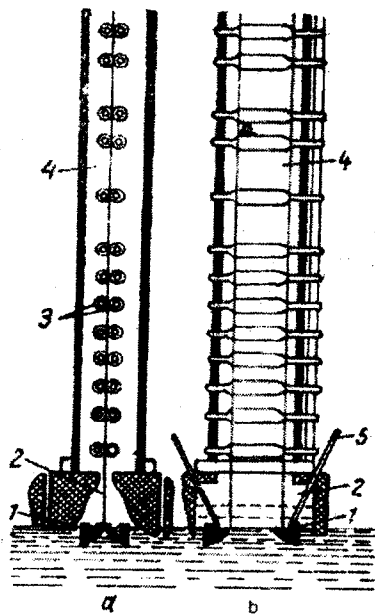
Şaquli dartan maşın şaxtadan (4) və diyircəklərdən (3) ibarətdir. Həm şaxta, həm də diyircəklər asbestlə örtülür. Diyircəklər cüt-cüt olur və bir-birinin əksinə fırlanır. Diyircəklərin arası ilə şüşə kütləsi dartılaraq lövhə formasını alır. Maşınaltı kamerada (2) qayıqcıq (1) üzür. Üzgəcin yuxarı hissəsində getdikcə daralan nazik yol vardır ki, bu da onun (şüşənin) diyircəklər ilə yuxarı qalxmasını təmin edir. Şüşə kütlə diyircəklərlə yuxarı qalxdıqca soyuyur və bərkiyir.

Son zamanlar şüşənin lövhə formada istehsalı qayıqsız aparılır. Bu zaman şüşənin soyuma dərəcəsin-

dən asılı olaraq onun özlülüyü artır və bunun hesabına da diyircəklərlə dartıla bilər. Qayıqsız üsulda şüşənin dartılma sürəti 125m/saat, qayıqlı dartılmada isə 80-110 m/saat olur. Dartılma üsulu ilə lövhə şüşədən başqa borular və millər də hazırlanır.

Şüşəni üfürmək yolu ilə də ondan müxtəlif formalı məmulatlar alınır. Kimyəvi qabları, taraları və s. hazırlayan zaman üfürmə üsulundan istifadə edilir. Məmulat xüsusi maşınlarla üfürülür və ərinmiş şüşə lazımi formaya salınır.

Tökmə üsulu ilə müxtəlif memar-inşaat məmulatları, bədii tərtibat məmulatları, optiki cihazlar üçün obyektiv



Şəkil 89. Şüşəni şaquli dartan maşının şaquli kəsiyi:
*a-eninə kəsik, b-uzununa kəsik,
 1-qayıqcıq, 2-maşınaltı kamera,
 3-diyircəklər, 4-şaxta, 5-yükləyici.*

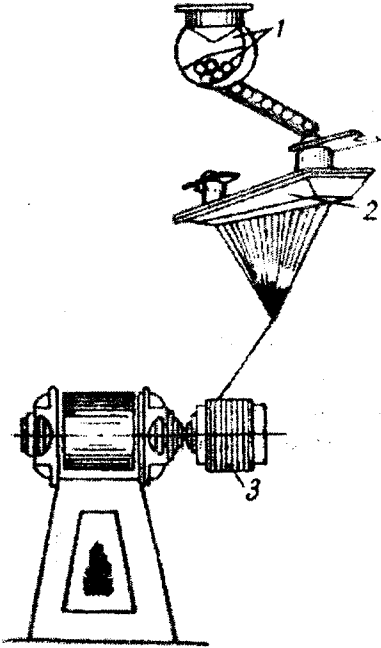
diskləri və s. hazırlanır. Bu məqsədlə şüşə əridilərək lazım olan formaya tökülür və soyuqda həmin formanı saxlayır.

Diyirləmə (yayma) üsulu ilə cilalanmış şüşə alınır. Bu məqsədlə əridilmiş şüşə çalovda bir-birinin əksinə fırlanan iki disk arasına tökülür. Disklər daxilədən su ilə soyudulur. Disklər arasından keçən şüşə lövhəyə çevrilir. Lentlə yapışmış şüşə lövhəni lentdən ayırmaq üçün lent şüşə ilə birlikdə tunel sobaya daxil olur. Konveyer cilalanmasından sonra şüşə istehlakçıya göndərilir.

Presləmə yolu ilə şüşədən bankalar, stəkanlar, izolyatorlar, düymələr, bəzək əşyaları və s. istehsal olunur. Əridilmiş şüşə kütləsi çuğundan hazırlanmış pres formaya doldurulur. Pres formanın içliyi olur ki, maye şüşə də içliklə forma arasına dolur. Sürətlə soyudulan şüşə kütləsinin hər yerində temperatur eyni olmadığından soyumuş şüşə çox gərgin olur. Ona görə də çox davamsız olur. Bu gərginliyi aradan qaldırmaq və şüşə məmulatın möhkəmliyini artırmaq üçün məmulat xüsusi sobalarda qızdırılır. Beləliklə, şüşə məmulatda olan qalıq gərginlik aradan çıxır.

Hazırlanma metodundan və şüşə kütləsinin tərkibindən asılı olaraq müxtəlif şüşələr və onlardan da çatlamayan, sınımayan məmulatlar hazırlanır. Şüşədən liflər hazırlanır. Belə liflər çox möhkəm olur. Şüşə liflər yanmır, hiqroskopik deyil, çürümür, rütubətə və kimyəvi təsirlərə qarşı davamlı olur. Şüşə liflər iki cür olur: 1) toxuculuq sənayesi üçün işlənən şüşə parçalar və şüşə liflər; 2) istilik keçirməyən liflər. Bu cür liflərin diametri çox kiçik olduqda şüşə pambıq adlanır. Şüşə liflər filyer və üfürmə üsulu ilə istehsal olunur.

Filyer üsulu ilə şüşə lif almaq üçün şüşə kürəciklər bunkerə (1) doldurulur və oradan əritmə qabına (2) daxil olur (şəkil 90). Ərimiş şüşə kütləsi öz xüsusi ağırlığı hesabına filyerin deşiklərindən axmağa başlayır. Belə deşiklərin diametri çox kiçik olur. Deşiklərdən çıxan şüşə liflər soyuyur və fırlanan barabana (3) dolanır. Beləliklə, toxuculuq



Şəkil 90. Filyer üsulu ilə şüşədən lif alınması:
1-bunker, 2-əritmə qabı,
3-fırlanan baraban.

materialı olan şüşə sap hazırlanır. Şüşə sapdan hazırlanmış şüşə parça elektrik izolyatoru, süzgeç materialı, istilik izolyatorları kimi tətbiq olunur.

Üfürmə üsulu istilik və səs izolyatorları və s. hazırlamaq üçün tətbiq olunur. Bu üsulun mahiyyəti kiçik deşikdən çıxan nazik şüşə axınına sürətlə isti hava axınının üfürülməsindən ibarətdir. Bu zaman şüşə axını səpələnərək şüşə lifə çevrilir.

M Ü N D Ə R İ C A T

Ön söz	3
Ümumi məlumat	7
Azərbaycanda kimya sənayesinin inkişafı	9
Kimya sənayesinin əhəmiyyəti.....	12

I B Ö L M Ə K İ M Y A T E X N O L O G İ Y A S I N I N Ü M U M İ N Ə Z Ə R İ Ə S A S L A R I

I	f ə s i l. Əsas texnoloji anlayışlar	15
	Kimya texnologiyasının əsas qanunauyğunluqları....	21
	Texnoloji proseslərdə kimyəvi tarazlıq	30
II	f ə s i l. Kimya texnologiyasının inkişafının əsas istiqamətləri. Qurğuların işinin intensivləşdirilməsi	33
	Texnoloji proseslərin sxemi.....	37
	Texnoloji proseslərin material və istilik balansının nəzəri əsasları.....	42
	Material hesabı və ya texniki hesablaşma.....	47
	Kimya sənayesində enerji.....	49
III	f ə s i l. Kimyəvi reaktorlar və sobalar	
	Katalitik proseslər.....	56
	Kimyəvi reaktorlar.....	61
	Texnoloji proseslərin əsas sobaları.....	72
IV	f ə s i l. Kimya istehsalının layihələşdirilməsi. Kimyəvi texnoloji proseslərin və reaktorların modelləşdirilməsi	84
	Kimya istehsalının layihələşdirilməsi.....	84
	Kimyəvi texnoloji proseslərin və reaktorların modelləşdirilməsi.....	89
	Riyazi modelləşdirmə.....	89
	Fiziki modelləşdirmə.....	95
V	f ə s i l. Kimya sənayesinin xammalı.....	103
	Xammalın zənginləşdirmə üsulları.....	109
	Kimya sənayesində su.....	116
	Suyun təmizlənməsi.....	118
	Suyun yumşaldılması və duzsuzlaşdırılması.....	120

II B Ö L M Ə

QEYRİ - ÜZVİ MADDƏLƏRİN KİMYƏVİ TEKNOLOGİYASI

VI	f ə s i l. Sulfat turşusu istehsalı	126
	Sulfat turşusu istehsalı üçün xammal.....	128
	Sulfat turşusunun alınma üsulları.....	138
	Kükürd qazının alınması.....	139
	Kolçedan yandıran sobalar.....	142
	Kolçedanın yanma sürətinə təsir edən amillər.....	147
	Sulfat turşusunun nitroz üsulu ilə istehsalı.....	151
	Sulfat turşusunun kontakt üsulu ilə istehsalı.....	159
	Sulfat turşusunun qatılaştırılması.....	167
	Sulfat turşusunun saxlanması və daşınması.....	171
	Kolçedan yandıran sobanın (KS-450) material və istilik balansı.....	172
VII	f ə s i l. Ammonyak istehsalı	177
	Azot və oksigenin havadan alınması.....	179
	Hidrogenin və hidrogen-azot qarışığının alınması....	183
	Qaz qarışığının təmizlənməsi	189
	Ammonyak istehsalının nəzəri əsasları.....	191
	Orta təzyiqdə işləyən sirkulyasiya qurğusunda ammonyak istehsalı.....	196
	Ammonyak sintezinin material balansı.....	199
VIII	f ə s i l. Nitrat turşusu istehsalı	209
	Nitrat turşusunun istehsal üsulları.....	210
	Ammonyakın katalitik oksidləşməsi ilə nitrat turşusu istehsalı	211
	Atmosfer təzyiqi altında ammonyakın katalitik oksidləşməsi.....	216
	Nitroz qazlarının duru nitrat turşusuna çevrilməsi...	219
	Duru nitrat turşusunun qatılaştırılması.....	227
	Qatılaştırıcı kalonun material və istilik balansı.....	229
IX	f ə s i l. Elektrokimyəvi proseslər	237
	Natrium xlorid məhlulunun elektrolizi. Xlor və hidrogen istehsalı.....	239
	Ərintilərin elektrolizi. Alüminium istehsalı.....	243
	Xlorid turşusu istehsalı.....	246

X	f ə s i l. Mineral duzlar və gübrələr	250
	Fosforlu gübrələr	253
	Azotlu gübrələr.....	256
	Ammonium nitrat istehsalı.....	257
	Karbamid istehsalı.....	261
	Superfosfatın dənəvərləşdirilməsinin material balan- sı.....	264
	Kalium gübrələri.....	269
XI	f ə s i l. Soda istehsalı	274
	Kaustik soda istehsalı	280
XII	f ə s i l. Silikatlar texnologiyası	285
	Saxsı istehsalı.....	287
	Yapışdırıcı maddələr.....	291
	Şüşə istehsalı.....	299