

Shamshidinov I.T.

NOORGANIK KISLOTALAR ISHLAB CHIQARISH NAZARIYASI VA TEXNOLOGIK HISOBLARI

Darslik



**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
NAMANGAN MUHANDISLIK-QURILISH INSTITUTI**

SHAMSHIDINOV I.T.

**NOORGANIK KISLOTALAR ISHLAB
CHIQRISH NAZARIYASI VA
TEXNOLOGIK HISOBLARI**

**Oliy o'quv yurtlarining 70710101-Kimyoviy texnologiya (ishlab chiqarish
turlari bo'yicha) magistratura mutaxassisligi uchun darslik**

TOSHKENT – 2022

Taqrizchilar:

Sh.S.Namazov - *O'zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti «Fosforli o'g'itlar» laboratoriyasi mudiri, O'zbekiston Respublikasida xizmat ko'rsatgan ratsionalizator va ixtirochi, texnika fanlari doktori, professor, akademik;*

M.J.Jumaniyozov – *Urganch Davlat universiteti «Kimyoviy texnologiya» kafedrası professori, texnika fanlari doktori.*

Shamshidinov I.T.

Noorganik kislotalar ishlab chiqarish nazariyasi va texnologik hisoblari: Oliy o'quv yurtlarlari uchun darslik/ I.T.Shamshidinov; O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi. – T: Lesson press, 2022. – 360 bet.

Mazkur darslik oliy o'quv yurtlarining 70710101-Kimyoviy texnologiya (ishlab chiqarish turlari bo'yicha) mutaxassisligi talabalari uchun mo'ljallangan. Undan shuningdek, mutaxassisligi yuqorida ko'rsatilgan yo'nalishlarga muvofiq keladigan tayanch doktorantlar, bakalavriat bosqichi talabalari, kasb-hunar kolleji o'qituvchilari, sulfat kislota va boshqa noorganik kislotalar ishlab chiqarish bilan shug'ullanuvchi muhandis-texnik xodimlar ham o'z faoliyatlarida foydalanishlari mumkin.

Darslik 11 ta bobdan iborat bo'lib, undagi ma'lumotlar tegishli magistratura mutaxassisliklari o'quv rejalari va dasturlari asosida yozilgan bo'lib, unda noorganik kislotalar ishlab chiqarish usullarining Respublikamizda, MDH mamlakatlarida va chet ellarda qo'llanilayotgan texnologiyalar to'g'risidagi ma'lumotlar hamda ularga tegishli bo'lgan texnologik hisoblar batafsil bayon etilgan. Noorganik kislotalar ishlab chiqarish texnologiyasining umumiy ilmiy asoslarini kislotalar ishlab chiqarish xomashyolari, xomashyolarni qayta ishlash, kislotalar ishlab chiqarish usullari, kislotalarni konsentrlash, ishlab chiqarish jarayonidagi nazorat, avtomatik boshqarish tizimi va hayotiy faoliyat xavfsizligi bilan uyg'unlashgan holda ko'rsatib o'tilgan. Darslikni yozishda muallifning ilmiy tadqiqot ishlari natijalaridan ham foydalanilgan.

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2020-yil 7-maydagi 684-sonli buyrug'iga asosan darslik sifatida nashrga ruxsat etilgan.

SO‘ZBOSHI

Zamonaviy iqtisodiyot «Noorganik kislotalar ishlab chiqarish nazariyasi va texnologik hisoblari» fanini keng miqyosda qo‘llanilishini talab etadi. Shuning uchun oliy ta‘lim Davlat standartida mazkur fanga keng o‘rin ajratilgan.

Fanning maqsadi magistrantlarga sulfat kislota, nitrat kislota, fosfat kislotalari, xlorid kislota va florid kislota ishlab chiqarish usullarining nazariy asoslari, texnologik tizimlarini, jihozlarning ishlash prinsipini, texnologik jarayonlarni jadallashtirish va takomillashtirish hamda texnologik hisoblarni amalga oshirish masalalarni hal qilishni o‘rgatishdan iboratdir.

Ushbu maqsadga erishish uchun mazkur darslik magistrantlarga nazariy bilimlarini boyitish va texnologik hisoblarni amalga oshirish ko‘nikmalarini rivojlantirishga yordam beradi. Darslikdagi materiallar magistrantlarda sulfat kislota, oleum, nitrat kislota, fosfat kislotalari, xlorid kislota va florid kislota xususiyatlari, amaliy ahamiyati, ularga qo‘yiladigan standart talablar, ularni O‘zbekiston Respublikasida ishlab chiqaradigan sanoat korxonalari, mintaqadagi kelgusida sohadagi xomashyo va energiya muammosini hal qilish haqida to‘la tasavvur hosil qilishga yo‘naltirilgan.

Mazkur fan mutaxassislik majmuasiga taalluqli va o‘quv rejasidagi mutaxassislik fanlari bo‘yicha olingan bilimlar asosida olib boriladi, mutaxassislik fanlarini o‘rganish uchun zarur ma‘lumotlarni beradi. Fanni o‘qitish davomida magistrantlar noorganik kislotalar ishlab chiqarish texnologik qurilmalarining turlari, ularga texnik iqtisodiy baho bera olish va uning mo‘tadilligini tanlay olish, ularni ishlab chiqarish asosiy jihozlarining tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntira olishi, moddiy va issiqlik hisoblarini bajarib, asoslangan natijalar olib bilishlari kerak.

Mamlakatimiz va chet ellarda kimyoviy texnologiya to‘g‘risidagi adabiyotlar orasida noorganik kislotalar va ularni ishlab chiqarish usullariga doir ushbu darslikning o‘xshashi mavjud emas. U noorganik kislotalar ishlab chiqarish texnologiyasini amaldagi dasturlarining barcha

bo'limlarini qamrab olgan. O'zbekiston Respublikasi va chet ellardagi, shu jumladan *muallifning ilmiy-tadqiqot ishlari bo'yicha noorganik kislotalar texnologiyasi* sohasidagi so'nggi yillarda erishilgan natijalar keltirilgan.

Darslikning har bir bob oxirida mavzuga tegishli bo'lgan nazorat uchun savollar keltirilgan. Ulardan talabalarning «Noorganik kislotalar ishlab chiqarish nazariyasi va texnologik hisoblari» fani bo'yicha o'zlashtirgan bilimlarini nazorat qilishda foydalanish mumkin.

KIRISH

Kimyo va metallurgiya sanoatini mineral kislotalarsiz tasavvur etib bo'lmaydi. Noorganik kislotalar xalq xo'jaligining turli tarmoqlarida keng qo'llaniladi. Ular xomashyo, erituvchi, oksidlovchi, katalizator, korroziyadan himoyalaydigan sirt yuza hosil qiluvchi, suvsizlantiruvchi vositalar sifatida va boshqa maqsadlarda qo'llaniladi. Noorganik kislotalarning eng muhim vakili bo'lgan sulfat kislota – kimyo sanoatining asosiy mahsulotlaridan biri hisoblanadi. U mineral o'g'itlar, turli xildagi mineral tuzlar va kislotalar, organik mahsulotlar, bo'yoqlar, portlovchi moddalar va boshqalar ishlab chiqarishda keng miqyosda ishlatiladi. Sulfat kislota ishlatilmaydigan yirik zamonaviy sanoat korxonalari mavjudligini tasavvur etish qiyindir. Sulfat kislotadan neftni qayta ishlash, metallurgiya, metallarni qayta ishlash, to'qimachilik, charm va boshqa sanoatlarda suvsizlantiruvchi va qurituvchi modda sifatida, neytrallashtirish jarayonida, metallarni tozalashda va boshqa bir qancha maqsadlarda foydalaniladi.

Kimyo sanoati uchun noorganik moddalar kimyoviy texnologiyasi sohasida mutaxassislar tayyorlashda noorganik kislotalar ishlab chiqarish texnologiyalari va ularning xalq xo'jaligidagi ahamiyatini alohida o'rganish o'ziga xos o'rin tutadi. Chunki noorganik kislotalar kimyo sanoatining ham mahsuloti, ham xomashyosi hisoblanadi. Ushbu darslik sulfat kislota, nitrat kislota, fosfat kislotalari, xlorid kislota va fluorid kislota ishlab chiqarish uchun zarur bo'lgan xomashyo va energiya mamlakatimiz umumiy holatini, kelgusida mintaqadagi xomashyo va energiya resurslari muammosini hal qilish, noorganik kislotalarning hozirgi davrdagi turlarini ishlab chiqarishni taraqqiy qildirish va yangi turlarini yaratish masalalarini o'rgatish, kimyoviy jarayonni termodinamik, kimyoviy muvozanatini, statika va kinetikasini fizik-kimyoviy tahlil qilib, ularni amalga oshirish optimal sharoitlarini aniqlab, mahsulot chiqarishini oshirish, jarayonni jadallashtirish, ishlab chiqarishda energiyani tejash, qimmatbaho xomashyolarni sanoat chiqindilari bilan almashtirish muammolarini hal qilish yo'llarini aniqlash, tarmoq me'yorlarini va xavfsizlik qoidalarini o'zlashtirish hamda respublikamizdagi ijtimoiy-iqtisodiy islohotlar natijalariga ta'sirini qamrab oladi.

I-bob

SULFAT KISLOTA, OLEUM VA SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISHDAGI ORALIQ MAHSULOTLARNING XOSSALARI

1-§. Sulfat kislota va uni ishlab chiqarish tarixi haqida

Sulfat kislota — kimyo sanoatining asosiy mahsulotlaridan biri hisoblanadi. U mineral oʻgʻitlar, turli xildagi mineral tuzlar va kislotalar, organik mahsulotlar, boʻyoqlar, portlovchi moddalar va boshqalar ishlab chiqarishda keng miqyosda ishlatiladi. Sulfat kislota ishlatilmaydigan yirik zamonaviy sanoat korxonalari mavjudligini tasavvur etish qiyindir. Sulfat kislotadan neftni qayta ishlash, metallurgiya, metallarni qayta ishlash, toʻqimachilik, charmo va boshqa sanoatlarda suvsizlantiruvchi va qurituvchi modda sifatida, neytrallash jarayonida, metallarni tozalashda va boshqa bir qancha maqsadlarda foydalaniladi.

Sulfat kislota qadimdan maʼlum boʻlgan moddadir. Fors alximigi Abu Bakr Alrases asarlarida (940 y.) ham u haqida maʼlumotlar berilgan.

Sulfat kislota dastlab temir kuporosini quruq haydash orqali olingan (shuning uchun sulfat kislotani uzoq vaqt kuporos moyi deb ham atab kelingan). Bu usul bilan 1526 yilda oz miqdordagi tutovchi sulfat kislota olingan. XV asming ikkinchi yarmida ichki qismi suv bilan namlangan katta hajmdagi idishlarda oltingugurt va selitrani yondirish orqali meditsina maqsadlari uchun sulfat kislota olish yoʻlga qoʻyilgan edi.

Birinchi sulfat kislota ishlab chiqarish zavodi 1740 yilda Angliyada qurilgan. Bunda oltingugurt va selitra aralashmasi metall idishlarda qizdirilgan, buning natijasida hosil boʻladigan gazlar aralashmasi shisha jihozlarda suvga yuttirilgan. 1746 yilda bu maqsad uchun qoʻrgʻoshinli kamera ishlatilgan, shundan soʻng sulfat kislota ishlab chiqarishning ushbu usuli kamerali usul deb atala boshlangan. Boshlangʻich aralashmani yondirish natijasida hosil boʻladigan sulfat angidrid va azot oksidlari kamera tubiga quyilgan suvda yutilishi natijasida sulfat kislota hosil qiladi. Kameradagi gaz qoldiqlari yoʻqotilgandan soʻng unda navbatdagi aralashma yondiriladi va shu yoʻl bilan kerakli konsentratsiyadagi kislota olinadi. Keyinchalik kamerada suv bugʻi ishlatishni va jarayonni uzluksiz amalga oshirishni taklif etildi.

XIX asr boshlarida oltingugurtni alohida pechlarda yondirish, azot oksidlarini esa selitrani sulfat kislota bilan parchalash orqali olish yo'liga qo'yildi.

Sulfat kislota ishlab chiqarish usuli yildan-yilga takomillashib bordi, buning natijasida mahsulot tannarxi kamaytirildi, ayniqsa 1837 yildan boshlang'ich xomashyo sifatida oltingugurt o'rniga oltingugurt kolchedani ishlatila boshlandi. Qo'rg'oshinli kameralar o'rniga to'ldirgichli minoralarning ishlatilishi va azot oksidlari qo'llash orqali sulfat kislota ishlab chiqarish jarayonini amalga oshirish ishlab chiqarish samaradorligini bir necha marta oshirishni ta'minladi. Bu usul sulfat kislota ishlab chiqarishning minorali usuli deb ataldi.

Sulfat kislota ishlab chiqarishning kontaktli usuli 1831 yilda P.Filips (Angliya) tomonidan sulfit angidridni to'g'ridan-to'g'ri kislorod bilan qizdirilgan platinali katalizatorlar ustidan o'tkazish orqali oksidlash usuli taklif etilgandan so'ng yo'liga qo'yila boshlandi. Keyinchalik sulfit angidridni sulfat angidridga oksidlash jarayonining katalizatori vazifasini ko'pgina metallar (masalan, temir, mis, xrom va boshqalar), oksidlar (masalan, vanadiy oksid va boshqalar), shuningdek chinni, keramika, gil va ko'pgina boshqa moddalar bajarishi aniqlandi. Sulfat kislota ishlab chiqarishning kontaktli usuli yaratilgandan keyin yuqori konsentratsiyali sulfat kislota va oleum olish imkoniyati yaratildi.

Sulfat kislota ishlab chiqarishning kontaktli usuli uzoq vaqt ishlatilmadi. Chunki o'sha paytda platinali katalizatorning faolligi pasayib borishi – zaharlanishining sababi aniqlanmagan edi. XX asrning boshlarida R.Knitch (Germaniya) tomonidan sanoat sharoitida katalizator faolligini pasayish sabablari aniqlangandan hamda sulfitli gazlarni zararli qo'shimchalardan tozalash usullari ishlab chiqilgandan so'ng kontaktli usulda sulfat kislota ishlab chiqarish rivojlanib ketdi.

Sulfat kislota ishlab chiqarishda sulfit angidridning kislorod ishtirokidagi oksidlanishi muhim bosqich hisoblanadi. Bu oksidlanish jarayoni katalizator ishtirokida (sulfat kislota ishlab chiqarishning kontakt usulida) yoki kislorod uzatuvchilarni qo'llash orqali (sulfat kislota ishlab chiqarishning nitroza usulida) amalga oshiriladi.

Sulfat kislota – kimyo sanoatining asosiy xomashyolaridan biri ekanligi, uning qo'llanilish sohasi kengligi, tashish va saqlash qulayligi, o'ta faolligi va arzonligi sababli butun dunyo bo'yicha ko'p miqdorda ishlab chiqariladi. Hozirgi paytda dunyo bo'yicha 160 mln tonnadan ziyod miqdorda, O'zbekistonda esa yiliga 3 mln tonna atrofida, shu jumladan «O'zbekimiyosanoat» Aksiyadorlik Kompaniyasiga qarashli «Ammofos-

Maksam» AJ (500 ming tonna), «Maksam-Chirchiq» AJ (273 ming tonna), Olmaliq tog'-metallurgiya kombinati (478 ming tonna) va «Navoiy tog'-metallurgiya kombinati» DK (450 ming tonna) va boshqa bir qator korxonalarda sulfat kislota ishlab chiqarilmoqda.

«Ammofos-Maksam» AJ va «Navoiy TKM» DKning har birida quvvati yiliga 650 ming tonna bo'lgan sulfat kislota ishlab chiqarish sexlari qurish uchun loyihalash va qurilish ishlari olib borilmoqda. Ushbu zamonaviy yangi texnologiyalar bo'yicha yiliga 650 ming tonna sulfat kislota ishlab chiqarish bilan bir qatorda ishlab chiqarish jarayonida hosil bo'ladigan issiqlik energiyasidan soatiga 25 megavatt miqdorda elektr energiyasi ishlab chiqarish nazarda tutilgan. Hozirda «Ammofos-Maksam» AJning yillik elektr energiyasiga bo'lgan ehtiyoji soatiga 18-20 megavattni tashkil etadi. Bu esa mazkur korxonaning asosiy mahsulot -- sulfat kislota tashqari iste'molchilar ehtiyoji uchun qo'shimcha elektr energiyasi ham yetkazib berish imkoniyatini yaratadi.

Fan va texnikaning so'nggi yutuqlaridan foydalanish, ilg'or tajribalarni joriy etish, yangi usullarni qo'llash yo'li bilan ishlab chiqarishni uzluksiz takomillashtirish sulfat kislota ishlab chiqarish sanoatining muhim masalalaridan biri hisoblanadi. Shuning uchun sulfat kislota ishlab chiqarish usullarining asosiy negizlarini hamda ulardagi hisoblarni amalga oshirishni chuqur o'rganish oliy o'quv yurtlarining magistratura va bakalavriatura bosqichi talabalari oldida turgan muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

2-§. Sulfat kislota va oleumning xossalari

Sulfat kislota kimyoviy tarkibi H_2SO_4 formula bilan ifodalanadi. Sulfat kislota xuddi bir molekula sulfat angidrid SO_3 bilan bir molekula suv H_2O ni birikmasi deb qarash kerak, binobarin, suvsiz sulfat kislota tarkibida 81,63% SO_3 va 18,37% H_2O bo'ladi. Texnikada sulfat angidridning suv bilan har qanday nisbatdagi aralashmasini sulfat kislota deb yuritiladi. 1 mol SO_3 ga 1 moldan ko'p miqdordagi H_2O to'g'ri keladigan aralashmalar sulfat kislota suvli eritmalari hisoblanadi. 1 mol SO_3 ga 1 moldan kam miqdordagi H_2O to'g'ri keladigan aralashmalar sulfat angidridning sulfat kislota eritmasi hisoblanadi. Ularni oleum yoki tutovchi sulfat kislota deb ataladi.

Sulfat kislota suvli eritmalarining tarkibi H_2SO_4 yoki SO_3 ning foiz miqdori bilan tavsiflanadi. Oleumning tarkibi esa uning tarkibidagi erkin

sulfat anhidridning (100% H_2SO_4 dan yuqori) yoki SO_3 ning umumiy foiz miqdori bilan tavsiflanadi.

Sulfat kislota eng faol noorganik kislotalardan biri hisoblanadi. U deyarli barcha turdagi metallar va ularning oksidlari bilan shiddatli reaksiyaga kirishadi; suvda eritilganda esa juda katta miqdordagi issiqlik ajraladi; kuchli oksidlovchilik va boshqa muhim kimyoviy xossalarni namoyon qiladi. Sulfat kislota yuqori kimyoviy faolligini uning turli sanoat tarmoqlarida keng foydalanilishidan ham bilish mumkin.

Suvsiz sulfat kislota rangsiz moysimon suyuqlik bo'lib, $10,37^{\circ}C$ haroratda kristallanadi. $296,3^{\circ}C$ harorat va 760 mm.s.m.ust. bosimida suvsiz sulfat kislota tarkibida 98,3% H_2SO_4 va 1,7% H_2O bo'lgan azeotrop aralashma hosil bo'lguncha parchalanish bilan qaynay boshlaydi. Bunday azeotrop aralashma $336,5^{\circ}C$ da qaynaydi.

Sulfat kislota suv va sulfat anhidrid bilan har qanday nisbatda aralashadi. Aralashtirish paytida turli xil kristallanish harorati va boshqa bir qancha o'ziga xos xossalarga ega bo'lgan bir necha birikmalar hosil qiladi (1.1-jadval).

1.1-jadval

**Sulfat kislota va uning suv hamda sulfat anhidrid bilan
hosil qilgan birikmalarining kristallanish harorati**

Formula	Tarkibi, % hisobida			Kristallanish harorati, $^{\circ}C$
	H_2SO_4	SO_3 umum.	SO_3 erkin	
$H_2SO_4 \cdot 5H_2O$	57,6	46,9	-	- 24,4
$H_2SO_4 \cdot 2H_2O$	73,2	59,8	-	- 39,6
$H_2SO_4 \cdot H_2O$	84,5	69,0	-	+ 8,48
H_2SO_4	100,0	81,6	-	10,37
$H_2SO_4 \cdot SO_3$	110,1	89,9	44,95	35,85
$H_2SO_4 \cdot 2SO_3$	113,9	93,0	62,0	1,2

Sulfat kislota va oleumning kristallanish harorati. Sulfat kislota yuqori suvli eritmasi va oleum 1.1-jadvalda keltirilgan birikmalar aralashmasi hisoblanadi. Masalan, 80% li sulfat kislota – bu $H_2SO_4 \cdot 2H_2O$ va $H_2SO_4 \cdot H_2O$ birikmalarining aralashmasidir; tarkibida 20% SO_3 erkin bo'lgan odatdagi mahsulot sifatidagi oleum esa H_2SO_4 va $H_2SO_4 \cdot SO_3$ tarkibli birikmalar aralashmasidan iboratdir.

Ma'lumki, ikki modda kristallanish harorati aralashmasining (agarda aralash kristallar hosil qilmasa) alohida olingan moddalarning kristallanish haroratidan past bo'ladi. Shuning uchun sulfat kislota kristallanish harorati bilan uning konsentratsiyasiga bog'liqligini ifodalovchi egri chiziqlik (1.1-rasm) 1.1-jadvalda keltirilgan birikmalar tarkibiga mos holdagi

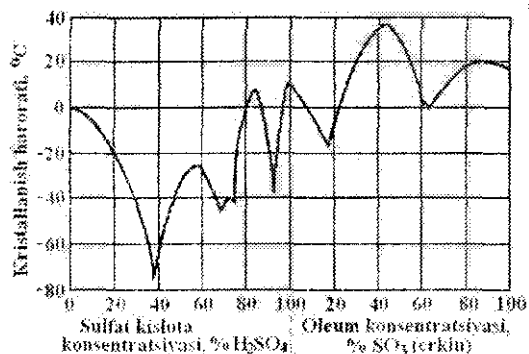
maksimumga, shuningdek, sistemadagi H_2SO_4 va SO_3 larning quyidagi miqdorlariga mos keluvchi minimumga ega bo'ladi:

% H_2SO_4	Kristallanish harorati, $^{\circ}C$	SO_3 tarkin	Kristallanish harorati, $^{\circ}C$
38,0	-74,5	18,1	-17,05
68,3	-45,7	61,8	+1,0
75,0	-41,0	64,35	-1,1
93,3	-37,8		

Sulfat kislota tashish va saqlashda uning kristallanishini kamaytirish maqsadida sulfat kislota mahsulot navlarining shunday konsentratsiyasi tanlanadiki, bunda uning kristallanishiga eng past harorat to'g'ri keladi (1.1-rasmdagi egri chiziqlarning minimumlariga e'tibor bering):

	% H_2SO_4	% SO_3
Minerali kislota	75	—
Kontaktli kislota	92,5	—
Oleum	104,5	20
Yuqori konsentratsiyali oleum	114,5	65

Sulfat kislota va oleumning kristallanish haroratlarini ma'lumotnoma jadvallaridan ko'rish mumkin.



1.1-rasm. Sulfat kislota ning kristallanish harorati.

Sulfat kislota va oleumning qaynash harorati va bug' bosimi.
Sulfat kislota suvli eritmasining konsentratsiyasi ortishi bilan uning qaynash harorati ortadi, 98,3% li H_2SO_4 da maksimumga ($336,5^{\circ}C$) erishadi, so'ngra pasayadi.

Oleumning qaynash harorati erkin xolatdagi SO_3 miqdorining ortishi bilan 0% SO_3 dagi qaynash harorati $296,2^\circ\text{C}$ dan 100% SO_3 dagi qaynash harorati $44,7^\circ\text{C}$ gacha pasayadi. Sulfat kislota eritmasi va oleum konsentratsiyasiga uning qaynash haroratining bog'liqlik grafigi 1.2 – rasmda keltirilgan.

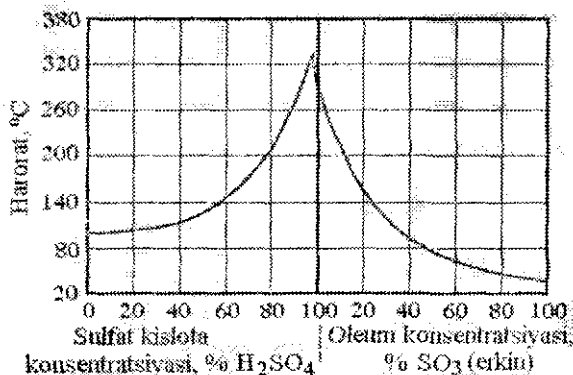
Sulfat kislota eritmasi va oleumning turli haroratlardagi bug' bosimi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\lg P = A - \frac{B}{T} \quad (1.1)$$

bu yerda: P – bug' bosimi, mm.sim.ust.; A va B – koeffitsientlar; T – absolyut harorat, $^\circ\text{K}$.

Sulfat kislota eritmasi va oleum ustidagi umumiy bug' bosimini hisoblash uchun A va B koeffitsientlarning qiymati:

% H_2SO_4	A	B	% H_2SO_4	A	V
10	8,925	2259	65	8,853	2533
20	8,922	2268	70	9,032	2688
30	8,864	2271	75	9,034	2810
35	8,873	2286	80	9,293	3040
40	8,844	2299	85	9,239	3175
45	8,809	2322	90	9,255	3390
50	8,832	2357	95	9,790	3888
55	8,827	2400	98,3	9,780	4211
60	8,841	2458	100	9,805	3914



1.2-rasm. Sulfat kislota eritmasi va oleum konsentratsiyasiga uning qaynash haroratining bog'liqlik grafigi (bosim 1 atm).

Oleumning bug' bosimini hisoblash uchun A va B koeffitsientlardan foydalaniladi:

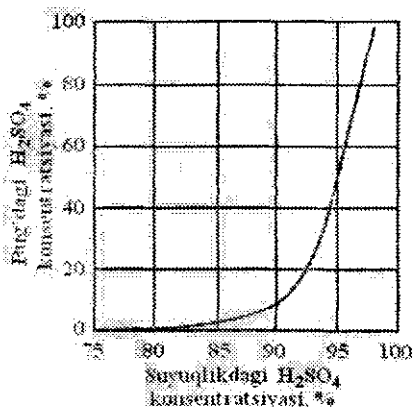
% SO ₃ (erkin)	5	10	15	20	25	30	35	65	100
A	8,51	9,01	9,47	9,84	10,16	10,44	10,70	10,50	9,89
B	2750	2812	2871	2915	2941	2965	2977	2510	2230

Sulfat kislota eritmasi ustidagi bug'lar suv, H₂SO₄, SO₃ bug'laridan iborat bo'ladi; bundagi bug'ning tarkibi suyuqlik tarkibidan tamomila farq qiladi. Faqatgina 98,3% li sulfat kislota eritmasi ustidagi bug'ning tarkibi suyuqlik tarkibi bilan bir xil bo'ladi.

1.3-rasmda qaynash haroratida sulfat kislota ustidagi bug'ning tarkibi keltirilgan. Tasvirdan ko'rinadiki, sulfat kislota eritmasining konsentratsiyasi kamayishi bilan bug' tarkibidagi H₂SO₄ miqdori keskin kamayadi. 80% li sulfat kislota eritmasiga to'g'ri keladigan bug'ning tarkibida 1% atrofidagi H₂SO₄ bo'ladi.

Turli haroratlardagi sulfat kislota suvli eritmaları ustidagi bug' tarkibidagi H₂SO₄ ning parsial bosimini quyidagi A va B koeffitsientlar asosida (1.1) formuladan foydalanilgan holda aniqlash mumkin:

% H ₂ SO ₄	A	B
85	7,751	3742
90	7,897	3685
93	8,170	3656
95	8,316	3637
98	8,470	3593



1.3-rasm. Qaynash haroratida sulfat kislota ustidagi bug'ning tarkibi.

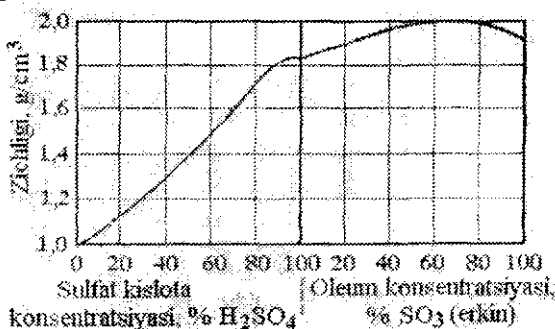
Bu koeffitsientlardan 250°C dan past haroratda sulfat kislota bug'lari bosimini texnik hisoblashlarda foydalanish mumkin, bunda sulfat kislota bug'larining parchalanishi hisobga olinmagan.

Sulfat kislota eritmalari ustidagi bug'ning tarkibi nafaqat uning konsentratsiyasiga, balki uning haroratiga ham bog'liqdir. Buni haroratning ortishi bilan:



tenglama orqali ifodalanuvchi parchalanish reaksiyasining kuchayishi bilan izohlanishi mumkin.

Sulfat kislota va oleumning zichligi. H_2SO_4 miqdorining ortishi bilan sulfat kislota eritmasining zichligi ham ortadi va 98,3% H_2SO_4 da maksimumga erishadi. So'ngra uning qiymati birmuncha kamayadi va 100% li H_2SO_4 da $1,8305 \text{ g/sm}^3$ ga yetadi. Oleumning zichligi uning tarkibidagi SO_3 ning ortishi bilan 62% SO_3 (erkin) gacha ortadi, so'ngra kamayadi. Haroratning ortishi bilan sulfat kislota eritmasining zichligi kamayadi. Odatda ma'lumotnoma jadvallarida sulfat kislota va oleumning 20°C haroratdagi zichliklari keltirilgan bo'ladi. 20°C dan yuqori va past haroratdagi zichlik qiymatlarini aniqlashda ma'lumotnomalardagi haroratga to'g'rilash koeffitsientlaridan foydalaniladi. 1.4-rasmda sulfat kislota va oleum konsentratsiyasi bilan zichliklari orasidagi bog'lanishning tasviri keltirilgan.



1.4-rasm. Sulfat kislota va oleum konsentratsiyasi bilan zichliklari orasidagi bog'lanish.

Texnik hisoblashlar uchun yetarli bo'lgan aniqlikdagi sulfat kislota eritmasining konsentratsiyasini uning zichlik qiymati orqali ham aniqlash mumkin. Sulfat kislota eritmasida begona qo'shimchalarning ortishi bilan uning zichligi va konsentratsiyasi orasidagi bunday bog'lanishni buzadi va

bunday hollarda sulfat kislotaning konsentratsiyasi kimyoviy tahlil orqali aniqlanadi.

Sulfat kislota va oleumning issiqlik sig'imi va o'tkazuvchanligi. Sulfat kislota eritmasining konsentratsiyasi ortishi bilan uning issiqlik sig'imi kamayadi va suvsiz sulfat kislotada minimum 1,42 j/(g·grad) qiymatga erishadi; oleumning issiqlik sig'imi esa SO₃ (erkin) miqdori ortishi bilan kattalashib boradi. Haroratning ortishi natijasida sulfat kislota va oleumning issiqlik sig'imi birmuncha ortadi. Issiqlik hisoblarida odatda 1 kg sulfat kislotani 0°C dan talab etiladigan haroratgacha qizdirishda talab etiladigan issiqlik miqdori kattaligi ishlatiladi.

Sulfat kislotaning issiqlik o'tkazuvchanligi konsentratsiyaning ortishi va haroratning kamayishi bilan kamayadi. Issiqlik o'tkazuvchanlik λ (kkal/(mol·soat·grad) hisobida) quyidagi empirik formula bilan aniqlanishi mumkin:

$$\lambda = 0,447 + 0,0014t - (0,22 + \frac{t}{1500}) \cdot \frac{C}{100}$$

3-§. Sulfat kislota ishlab chiqarishdagi oraliq mahsulotlar xossalari

Sulfit ангидридning xossalari. Sulfit ангидрид SO₂ yoki oltingugurt qo'shoksidi (molekulyar massasi 64,066) odatdagi haroratda ko'zning shilliq pardalari va nafas olish organlarini zararlaydigan o'tkir xidli rangsiz gazdir. U atmosfera bosimida -10,1°C haroratgacha sovutilganda osonlik bilan suyuqlikka aylanadi. Suyuq faza ustidagi SO₂ ning bug' bosimi 20°C haroratda 3,195 bar (3,25 atm) ga va 50°C haroratda 8,245 bar (8,4 atm) ga tengdir.

20°C haroratda bir hajm suvda 40 hajm SO₂ eriydi; bunda 34,4 kj/mol (8,2 kkal/mol) issiqlik ajralib chiqadi.

Haroratning ortishi bilan SO₂ ning suvdagi eruvchanligi kamayadi. SO₂ ning sulfat kislotadagi eruvchanligi suvdagiga qaraganda kamdir. Sulfat kislota konsentratsiyasining ortishi bilan sulfit ангидридning eruvchanligi dastlab kamayib boradi, H₂SO₄ konsentratsiyasi 85% bo'lganda minimumga erishadi va so'ngra yana orta boshlaydi.

Sulfit ангидрид katalizator ishtirokida oksidlanadi:

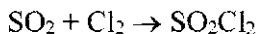


Sulfit ангидрид suv bilan birikib sulfit kislotasini hosil qiladi:



va u faqatgina eritmadagina mavjud bo'ladi.

Oltिंगугurt dioksidning xlor bilan ta'sirlashuvidan sulfuril xlorid olinadi:



SO_2 kimyoviy reaksiyalarda ham oksidlovchi, ham qaytaruvchi vazifasini bajaradi.

Sulfat angidridning xossalari. Sulfat angidrid SO_3 yoki oltिंगугurt trioksid (molekulyar massasi 80,056) odatdagi sharoitda rangsiz gazdir. U havodagi namlikni tortib olib tutaydi va havoda muallaq holatdagi sulfat kislota tomchilarini hosil qiladi. Gaz holatdagi SO_3 44,75°C haroratda siqilib, rangsiz suyuqlikka aylanadi.

Qattiq holatdagi sulfat angidrid bir necha - α, β, γ -kristall shakllarda mavjud bo'lib, ularning suyuqlanish haroratlari tegishli holda 16,8; 31,5 va 62,2°C ga tengdir. Sulfat angidridning molekulyar massasi to'g'risidagi tadqiqotlarning ko'rsatishicha, α -shakldagi modifikatsiyaga SO_3 tarkibi mos keladi, uning qolgan shakllari esa sulfat angidridning polimerlanishidan hosil bo'ladi.

Sulfat angidridning shakllari bir-biridan kristall panjaralarining tuzilishi, bug' bosimining kattaligi, kimyoviy faolligi va boshqa xossalari bilan farqlanadi.

Sulfat angidridning bug' bosimlari P (mm.sim.ust. da) quyidagi tenglamalar orqali ifodalanadi:

$$\lg P = 6,6570 - \frac{154,9}{T} - \frac{331650}{T^2} \quad (\text{suyuq } \alpha\text{-shakl})$$

$$\lg P = 12,2346 - \frac{2916}{T} \quad (\text{qattiq } \alpha\text{-shakl})$$

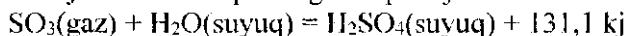
$$\lg P = 12,5615 - \frac{3040}{T} \quad (\text{qattiq } \beta\text{-shakl})$$

Sulfat angidridning kristallanishida va uning polimerlanishida turlicha issiqlik ajraladi, masalan, 25°C haroratda:

O'zgarish	Issiqlik miqdori
$\text{SO}_3(\text{suyuq}) \rightarrow \alpha\text{-SO}_3(\text{qattiq})$	7,081
$\alpha\text{-SO}_3(\text{qattiq}) \rightarrow \beta\text{-SO}_3(\text{qattiq})$	3,478
$\alpha\text{-SO}_3(\text{qattiq}) \rightarrow \gamma\text{-SO}_3(\text{qattiq})$	14,33

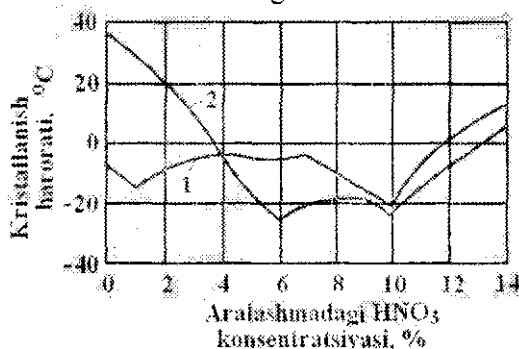
Sulfat angidridning qattiq polimer shakllari qizdirilganda dissotsilanadi.

Sulfat angidrid suv bilan shiddatli ta'sirlashadi va sulfat kislotaga aylanadi. Bunda juda katta miqdordagi issiqlik ajraladi:



Sulfat angidrid kuchli suv tortib olish xususiyatiga ega, u o'simlik va hayvon to'qimalarini yemiradi va kuchli oksidlovchi hisoblanadi. Oltingugurt, fosfor, uglevodorodlar va boshqa moddalarni oksidlab, SO_3 sulfit angidridgacha qaytariladi. Sulfat angidridning polimer shakllari nisbatan inertdir; ular suv bilan nisbatan passiv ta'sirlashadi, havoda kam tutaydi va to'qimalarni yemirishi sezilarsizdir.

Suyuq sulfat angidrid sulfit angidrid bilan har qanday nisbatda aralashadi, qattiq sulfat angidrid suyuq SO_2 da eriydi, ammo bunda hech qanday yangi kimyoviy birikma hosil bo'lmaydi. Suyuq SO_3 nitrat kislota bilan har qanday nisbatda aralashadi. Bunda $(\text{SO}_3)_2 \cdot \text{HNO}_3$ turidagi barqaror birikma (suyuqlanish harorati $106,5^\circ\text{C}$) hosil qiladi. 1.5-rasmda oleum va nitrat kislota aralashmasining muzlash haroratlari ko'rsatilgan.



1.5-rasm. Oleum va 93% li nitrat kislota aralashmasining muzlash harorati:

1 – 20% li oleum va HNO_3 ; 2 – 40% li oleum va HNO_3

Sulfat angidrid, shuningdek, azot oksidlari va arsenit angidrid bilan birikadi, asosli oksidlar va asoslar bilan shiddatli ta'sirlashadi.

Gaz holatdagi SO_3 vodorod xlorid bilan ta'sirlashib xlorosulfon kislotalari $\text{SO}_2(\text{OH})\text{Cl}$ ni, ammiak bilan ta'sirlashib ammoniy amidosulfonat $\text{NH}_2\text{SO}_2\text{ONH}_4$ ni hosil qiladi. Ammoniy amidosulfonatdan samarador gerbitsid sifatida ishlatiladigan ammoniy sulfamat $\text{NH}_2\text{SO}_2\text{ONH}_4$ tayyorlanadi.

4-§. Sulfat kislota navlari, uni saqlash va tashish

Sulfat kislota navlari. Sanoatda bir necha navdagi sulfat kislota ishlab chiqariladi. Ular tarkibidagi H_2SO_4 yoki SO_3 (erkin) miqdorlari, shuningdek qo'shimchalarning tarkibi va miqdori bilan bir-biridan farqlanadi. Nitrozali usulda tarkibida taxminan 75% H_2SO_4 bo'lgan nisbatan past konsentratsiyali minora kislota olinadi. Kontaktli usul bo'yicha esa amalda har qanday konsentratsiyadagi sulfat kislota olinishi mumkin. Chunki kontakt jarayonida hosil bo'ladigan sulfat angidridga har qanday miqdordagi suv qo'shilishi mumkin.

Qo'shimchalarning tarkibi va miqdori sulfat kislota ishlab chiqarish usuliga bog'liqdir. Masalan, minorali sulfat kislota ishlab chiqarishda unga kuyundi gazi tarkibidagi, xattoki uni quruq elektrofiltrlarda tozalangandan keyin ham qoladigan changning bir qismi aralashgan bo'ladi. Bundan tashqari, minorali kislota tarkibida erigan azot oksidlari ham bo'ladi. Shuningdek, sulfat kislota, H_2SO_4 eritmasida jihozlarning korroziyalanishidan hosil bo'ladigan mahsulotlar bilan ham birmuncha ifloslanadi. Agarda kislota konsentrlash jarayoni amalga oshirilsa, unga o'choq gazlari tarkibidagi qo'shimchalar ham aralashishi natijasida ifloslanadi.

Odatda texnik sulfat kislota uning ishlab chiqarilish, saqlanish va tashish jarayonlarida organik moddalarning parchalanishi oqibatida qora tusga kiradi.

Kontakt usuli bilan sulfat kislota ishlab chiqarishda kuyundi gazlaridan chang tozalangach, maxsus tozalash amalga oshiriladi. Shu sababli kontakt sulfat kislota tarkibida faqatgina korroziya mahsulotlari erishidan hosil bo'lgan qo'shimchalar bo'ladi. Korroziyaga nisbatan yuqori chidamli materiallardan tayyorlangan jihozlardan foydalanish orqali yuqori tozalikdagi kontakt sulfat kislota olish mumkin.

Turli navdagi sulfat kislota sifatiga bo'lgan talablar tegishli standartlarda belgilab beriladi va tegishli o'zgarishlar kislota ishlab chiqarish texnikasi va uning iste'molchilari talabiga ko'ra muntazam ko'rib chiqiladi.

Hozirda iste'moldagi turli navlardagi sulfat kislota asosiy ko'rsatkichlari 1.2-jadvalda keltirilgan.

Turli navlardagi sulfat kislotasining asosiy ko'rsatkichlari

Sulfat kislota navlari	Konsentratsiyasi, % dan kam emas	
	H ₂ SO ₄	SO ₃ (erkin)
Kontaktli yuqori sifatli:		
A nav	92,5-94	
B nav	92,5-94	
Kontaktli texnik	92,5	
Oleum:		
yaxshilangan	—	24
texnik	—	18,5
Minorali		
Regeneratsiyalangan	91	
Akkumulyatorli:		
A nav	92-94	
B nav	92-94	
Reaktiv:		
kimyoviy toza (k.t.)	93,56-95,6	
tahlil uchun toza (t.u.t.)	93,56-95,6	
toza (t)	93,56-95,6	

Sulfat kislotani saqlash va tashish. Sulfat kislota ishlab chiqarish uzluksiz jarayondir. Shuning uchun ishlab chiqarishda tayyor mahsulot — kislota saqlash uchun muntazam kelib turadi. Kislotani olib ketish esa davriy amalga oshiriladi. Shu sababli sulfat kislota zavodlarda tayyor mahsulot omborlari mavjuddir.

Sulfat kislota omborlarda uni usti yopiq holatdagi ayvonlarga joylashtiriladigan baklarda saqlanadi. Baklarning yuqori qismida qopqoqlari, taqsimlagich ventillari, sifonlari va hokazo lar mavjud bo'lib, ular atmosfera yog'inlaridan muhofaza qilingan bo'ladi.

Tayyor mahsulot saqlanadigan baklar gorizontall yoki vertikal o'rnatilgan 3000 m³ gacha hajmdagi po'lat listlardan tayyorlangan rezervuarlardan iborat bo'ladi. Ombordagi baklarning umumiy hajmi kamida o'n kunlik sex mahsulotini saqlash imkoniyatiga ega bo'lishi lozimdir. Odatda bir necha baklar o'rnatiladi, bu esa ularni tozalash va ta'mirlash paytida ham zavodning to'xtovsiz ishlashini ta'minlaydi. Rezervuarlar yaqinidan temir yo'l o'tkaziladi va shu yerdagi maydonchaga kislota quyish uchun sisternalar o'rnatiladi.

Minorali, kontaktli konsentrlangan sulfat kislota va oleum ichki qismi niqoblanmagan po'lat baklarda saqlanadi. Alohida tozalangan va

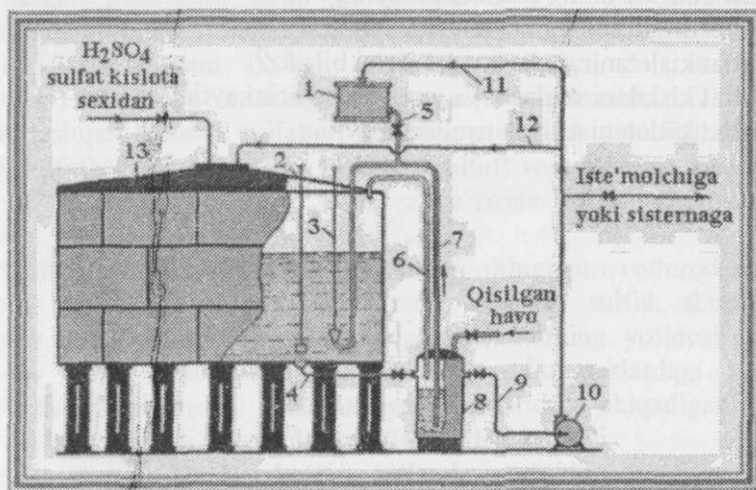
past konsentratsiyali sulfat kislotani saqlash uchun ishlatiladigan po'lat baklarning ichki qismi kislotabardosh keramika bilan niqoblanadi.

Sovuq iqlimli tumanlarda tayyor mahsulot saqlash baklari isitiladigan binolarda joylashtiriladi. Konsentrlangan kislota yoki oleum saqlanadigan baklar esa ayvonlarda yoki isitilmaydigan omborlarda joylashtirilishi mumkin.

Kislotani saqlash, quyish va tashishda muzlab qolishni oldini olish maqsadida sisternalarga maxsus isitgichlar ham o'rnatilishi mumkin.

1.6-rasmda anchagina sodda sulfat kislota saqlash omborining tasviri ko'rsatilgan. Sexdan keladigan kislota quvur orqali saqlash bakining (13) yuqori qismiga beriladi va sifon (7) yordamida sisternaga quyiladi (yoki iste'molchiga uzatiladi). Uni to'ldirish ikki usulda amalga oshiriladi.

Iste'molchining talab va ehtiyojiga ko'ra sulfat kislotasi turlicha hajmdagi idish va qurilmalarda tashiladi. Uzoq masofalarga tashiladigan sulfat kislotasi asosan yuk ko'tarish quvvati 50 t gacha bo'lgan temir yo'l sisternalarida tashiladi. Oz miqdordagi sulfat kislotasi talab etiladigan iste'molchilarga esa kattaligi 0,2 dan 1 t gacha bo'lgan avtosisternalarda, konteynerlarda, po'lat bochkalarda yoki hajmi 30 dan 45 l gacha bo'lgan shisha butillarda yetkaziladi. Shisha idishlar maxsus savatlarga joylanib unga yog'och qirindisi solinadi.



1.6-rasm. Sulfat kislotasi omborining tasviri:

1 - quyish baki; 2,3 - qopqoqlar; 4 - patrubka; 5,6,9,11,12 - quvurlar; 7 - sifon; 8 - burak; 10 - nasos; 13 - bak (ombor).

Har bir jo'natiladigan sulfat kislota partiyasida sulfat kislota sinov navi, uning tahlil natijalari, jo'natilgan kun va miqdori ko'rsatilgan pasporti yoki kichik partiyadagi idishlarda yuqoridagi ma'lumotlar keltirilgan yorliqlari bo'ladi.

Nazorat uchun savollar

1. Sulfat kislota sinovining xossalari nima?
2. Oleumning xossalari nima?
3. Sulfat kislota va oleumning kristallanish harorati haqida gapiring.
4. Sulfat kislota va oleumning qaynash harorati va bug' bosimi haqida gapiring.
5. Sulfat kislota va oleumning zichligi haqida gapiring.
6. Sulfat kislota va oleumning issiqlik sig'imi va o'tkazuvchanligi haqida gapiring.
7. Sulfat kislota va oleumning qovushqoqligi va sirt tarangligi haqida gapiring.
8. Sulfat kislota sinovining hosil bo'lish issiqligi haqida gapiring.
9. Sulfat kislota eritmasidan suvning bug'lanish issiqligi haqida gapiring.
10. Sulfit anhidridning xossalari nima?
11. Sulfat anhidridning xossalari nima?
12. Sulfat kislota sinovining qanday navlarini bilasiz?
13. Sulfat kislota saqlash va quyish usullari nima?
14. Sulfat kislota tashish usullari nima?

II-bob

SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQUARISH XOMASHYOLARI

1-§. Xomashyolar. Oltingugurt kolchedanlarining tarkibi va turlari

Sulfat kislota olish uchun xomashyo sifatida elementar oltingugurt yoki tarkibida oltingugurt tutgan va undan elementar oltingugurt yoki sulfit angidrid olish mumkin bo'lgan moddalar ishlatiladi. Tabiiy oltingugurt tabiatda nisbatan kam tarqalgandir. Oltingugurt tabiatda ko'pincha temir, rux, qo'rg'oshin, mis va boshqa metallar bilan birikmasi holatida uchraydi. Yer qobig'idagi oltingugurtning miqdori 0,1% ni tashkil etadi.

Sulfat kislota ishlab chiqarish uchun tarkibida asosan temir disulfid FeS_2 tutgan pirit yoki temir kolchedani keng ko'lamda ishlatiladi. Oltingugurt ko'pgina minerallar tarkibida ikkita metall bilan hosil qilgan sulfidlari tarzida ham bo'lishi mumkin, masalan, mis kolchedani (xalkopirit) temir va misning oltingugurtli birikmasidir. Oltingugurt bundan tashqari tabiatda sulfatlar, masalan, gips (kalsiy sulfat), mirabalit (natriy sulfat), glauberit (natriy va kalsiy sulfat) va hokazolar tarzida ham uchraydi. U neft, toshko'mir, tabiiy va o'txona gazlari tarkibida ham bo'ladi.

Toshko'mirni kokslash paytida undagi oltingugurt vodorod sulfidga aylanadi va koks gazi tarkibiga o'tadi. Vodorod sulfid, shuningdek, generator gazi, neftni qayta ishlash gazlari, neftning yo'ldosh gazlari ko'pgina tabiiy gazlar tarkibiga kiradi va bu gazlardagi keraksiz qo'shimcha hisoblanadi. Metallurgiya pechlaridan chiqadigan gazlar tarkibida ham sezilarli miqdordagi sulfit angidrid bo'ladi.

Ko'mir qazib olishda ko'mir qatlamlari orasida bo'ladigan va uni boyitishda ajratib olinadigan temir kolchedanidan iborat ko'mirli kolchedan ham olinadi. Ko'mirli kolchedan sulfat kislota ishlab chiqarish uchun xomashyo vazifasini o'tashi mumkin. Bunday maqsad uchun sulfat kislota ishlatiladigan ko'pgina ishlab chiqarish korxonalarining

chiqindilaridan foydalanilishi ham mumkin. Bunday chiqindilarga kislotali gudronlar, yuvish eritmalari, fosfogips va boshqalar kiradi.

Turli mamlakatlarda ishlatiladigan xomashyo turlari bir-biridan farqlanadi. Ko'pgina mamlakatlarda hozircha asosan oltingugurtli kolchedan asosiy xomashyo sifatida ishlatilayotgan bo'lsa, AQSH da sulfat kislota olish uchun ko'proq oltingugurtdan foydalanilmoqda. Shuni ham ta'kidlab o'tish mumkinki, sulfat kislota ishlab chiqarish xomashyosi sifatidagi oltingugurt va kolchedanning nisbiy ulushi kamayib, uning o'rnini turli chiqindilardan ajratib olinadigan oltingugurt egallamoqda.

Oltingugurt kolchedanining asosiy tarkibiy qismida 53,5% S va 46,5% Fe bo'lgan temir disulfid FeS_2 dan iboratdir. Tabiiy oltingugurt kolchedani tarkibida FeS_2 dan tashqari mis, rux, qo'rg'oshin, mishyak, nikel, kobalt, selen, vismut, tellur, kadmiy birikmalari, kalsiy va magniy karbonatlari va sulfatlari, oz miqdorda oltin va kumush kabi qo'shimchalar bo'ladi. Shuning uchun sulfat kislota ishlab chiqarishda ishlatiladigan kolchedan tarkibidagi oltingugurt miqdori katta chegarada – 30 dan 52% gacha o'zgarib turadi.

Oltingugurtli kolchedan – sarg'ish yoki sarg'ish-kulrang tusli mineral bo'lib, uning zichligi qariyb 5 g/sm^3 ga teng. Bo'lakchalarining kattaligi va kolchedan naviga qarab uning to'kilish massasi (og'irligi) 2200 dan 2400 kg/m^3 gachani tashkil qiladi.

Kolchedan konlari MDH da, Ispaniyada, Yaponiyada, Kanadada, Portugaliyada, Italiyada, Norvegiyada va boshqa mamlakatlarda mavjuddir. Qazib olinadigan kolchedan sulfat kislota zavodlariga 50-400 mm li bo'lakchalar holatida keltiriladi.

Kolchedanda eng ko'p uchraydigan qo'shimcha mis hisoblanadi. Tarkibidagi mis miqdori 1% dan ko'p bo'lgan kolchedan misli kolchedan bo'lib, undan mis olish uchun xomashyo sifatida foydalanish maqsadga muvofiqdir. Ammo misga kambag'al bo'lgan kolchedandan mis suyuqlantirish zavodlarida to'g'ridan-to'g'ri foydalanish maqsadga muvofiq emas, shuning uchun uni flotatsiyalash yo'li bilan boyitiladi. Flotatsiyalashda mis bilan birgalikda boshqa qimmatbaho metallar (rux, qo'rg'oshin, kumush, oltin va hokazo) ruda konsentratlari va flotatsiyalangan kolchedan ajratib olinadi.

Flotatsiyalangan kolchedandagi oltingugurt miqdori 32 dan 40% gacha bo'ladi. Bu kolchedanni ikkilamchi flotatsiyalash natijasida bekorchi jinslar ajratiladi va tarkibida 45-50% oltingugurt bo'lgan pirit konsentrati olinadi. Rudalarni boyitish jarayoni takomillashishi bo'yicha tarkibida qimmatbaho qo'shimchalar oz darajada bo'lishiga qaramay

xomashyoni flotatsiyalash eng maqbul hisoblanadi. Shuning uchun flotatsiyalanadigan kolchedan rudasining ulushi muntazam ortib bormoqda. Buni sulfat kislota zavodlarida kolchedan rudasidan to'g'ridan-to'g'ri foydalanishning nisbiy ulushi kamayib borayotganligi bilan izohlash mumkin.

Flotatsiyalangan kolchedanni sulfat kislota zavodlariga olib kelishda va omborlarda saqlashda u yuqori namlikka ega bo'lganligi uchun qotib qoladi. Bu esa uni vagonlardan tushirish va keyingi bosqichda pechda kuydirish uchun uzatishda katta qiyinchiliklar keltirib chiqaradi. Bundan tashqari qotib qolgan kolchedan bo'lakchalarining muallaq holatdagi yonishi kuydirish jarayonida yomonlashadi. Shuning uchun flotatsiyalangan kolchedanni iste'molchiga berishdan oldin o'txona gazlari bilan qizdiriladigan barabanli quritgichlarda quritiladi. Davlat standartlari talablariga muvofiq iste'molga jo'natiladigan flotatsiyalangan kolchedandagi namlik kuzgi-qishgi mavsumda 4,5% dan ortmasligi talab etiladi. Kolchedanni tashqi atmosfera havosining namligidan muhofaza qilish maqsadida quruq kolchedan saqlanadigan omborlarning iloji boricha germetikligi ta'minlanadi.

Toshko'mir konlarida ham ma'lum miqdordagi oltingugurt kolchedanlari uchraydi. Qo'lda ajratib olish va maydalash orqali kolchedanning 80% gacha ajratib olishga erishiladi. Bunday kolchedan tarkibida 15% gacha uglerod bo'ladi va shuning uchun uni ko'mirli kolchedan deyiladi. Tarkibida ko'p miqdordagi (33-42%) oltingugurt tutishiga qaramay, ko'mirli kolchedan xattoki zamonaviy mexanik pechlarda ham kuydirilmaydi, chunki uning intensiv yonishi natijasida harorat keskin ortib ketadi va pechning tezda ishdan chiqishiga olib keladi. Bundan tashqari bunday kolchedandagi ko'mirning yonishiga ortiqcha miqdordagi kislorod sarflanadi, buning natijasida kuyundi gazi tarkibidagi SO_2 va O_2 konsentratsiyasi keskin pasayadi. Bu esa sulfitli gazlarni keyingi bosqichlarda sulfat kislotasiga qayta ishlash jarayonlarini qiyinlashtiradi.

Uglerod miqdorini kamaytirish uchun ko'mirli kolchedan boyitiladi. Buning uchun maydalangan kolchedan maxsus yuvish vannalariga uzatiladi, u yerda yengil ko'mir zarrachalari suv bilan yuviladi. Boyitilgan ko'mirli kolchedandagi uglerod miqdori 3-6% dan ortmaydi.

Ko'mirli kolchedan kuydirilganda SO_2 bilan bir paytda oz miqdordagi vodorod sulfid, uglerod sulfid, uglerod sulfoksid va elementar oltingugurt ham hosil bo'ladi. Kolchedanni kuydirish jarayonida kislorod bilan boyitilgan havo ishlatish yo'li bilan bunday qo'shimchalar miqdorini

keskin kamaytirishga erishiladi. Bu qo'shimchalar sulfat kislota ishlab chiqarishning kontaktli va minorali jarayonlariga sezilarli ta'sir ko'rsatmaydi.

2-§. Oltingugurt va uning xossalari. Tabiiy rudalardan oltingugurtning olinishi

Elementar oltingugurt (yoki oltingugurt bug'i) tabiiy rudalardan, shuningdek sulfat angidrid yoki vodorod sulfid tutgan gazlardan olinadi. Elementar oltingugurt sulfat kislota ishlab chiqarish uchun eng yaxshi turdagi xomashyolardan biri hisoblanadi. Uni yoqish natijasida katta miqdorda SO_2 va kislorod tutgan hamda kontaktli sulfat kislota ishlab chiqarish uchun eng muhim hisoblangan gaz hosil qilinadi. Oltingugurtning yonishi natijasida kul qolmaydi, vaholanki kolchedan kuydirilishi natijasida hosil bo'ladigan kulni yo'qotish uchun katta sarf-harajatlarni talab etilar edi. Tabiiy oltingugurt tarkibida juda oz miqdordagi mishyak qo'shimchasi bo'ladi, bu esa kolchedandan sulfat kislota ishlab chiqarishdagi mishyakdan tozalash jarayonlari singari bosqichlardan holi bo'lgan sodda sulfat kislota ishlab chiqarish tizimini barpo etish imkoniyatini yaratadi.

Elementar oltingugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarishda, selluloza-qog'oz sanoatida, qishloq xo'jaligida (qishloq xo'jaligi ekinlari zararkunandalariga qarshi kurashda) foydalaniladi. Bundan tashqari, elementar oltingugurt gugurt sanoatida, kauchukni vulkanlashda, sulfidli bo'yoqlar va kimyo-farmatsevtika preparatlari olishda hamda pirotexnikada ishlatiladi.

Jahon miqyosida elementar oltingugurtdan foydalanish taxminan quyidagicha taqsimlanadi:

Sulfat kislota ishlab chiqarish uchun	50
Sellyuloza-qog'oz sanoati uchun	25
Qishloq xo'jaligiga	10-15
Boshqa iste'molchilarga	10-15

Dunyoda elementar oltingugurt ishlab chiqarish hajmi yildan-yilga ortib bormoqda. Bunga tabiiy oltingugurt konlaridan qazib olish, tabiiy gaz va neft mahsulotlarini tozalash orqali ajratib olishga erishilmoqda.

Oltingugurtning xossalari. Oltingugurtning nisbiy atom massasi 32,064. Oltingugurt odatdagi haroratda qattiq holatda bo'ladi. Qattiq oltingugurt ikki xil – rombik va monoklinik allotropik shakllarda bo'ladi:

Xossasi	Rombik oltingugurt	Monoklinik oltingugurt
Zichligi, g/sm ³	2,07	1,96
Barqarorlik chegarasi, °C	95,6 dan past	95,6-119,3
Suyuqlanish harorati, °C	112,8 (tez qizdirilganda)	119,3
Suyuqlanish issiqligi:		
<i>f/g</i>	39,4	45,3
<i>kal/g</i>	9,4	10,8

Oltingugurt elektr tokini yomon o'tkazadi, suvda amalda erimaydi. Oltingugurtning suyuqlanishi uning hajmi (taxminan 15% ga) ortishi bilan sodir bo'ladi. 120°C haroratda suyuqlantirilgan oltingugurt harakatchan sariq rangdagi suyuqlikdir, uning qovushqoqligi haroratning ortishi bilan o'zgaradi. 160°C dan yuqori haroratda oltingugurt qorayadi va 190°C haroratda to'q jigarrang qovushqoq massaga aylanadi. Haroratning ortishi bilan massaning qovushqoqligi kamayadi va qariyb 400°C haroratda oltingugurt suyuqlanmasi yana harakatchan suyuqlikka aylanadi. Oltingugurtning qaynash harorati 444,6°C ni tashkil etadi.

Turlicha haroratdagi qattiq va suyuq oltingugurt ustidagi bug' bosimi quyida keltirilgan:

Harorat, °C	50	100	200	300	400	444,6
Bug' bosimi, mm.sim.ust.....	0,0002	0,008	2,3	48	378	760
Bug'dagi oltingugurt konsentratsiyasi, g/sm ³	0,003	0,12	32,4	653	4900	9500

Qizdirilganda oltingugurtning molekula tuzilishi o'zgarishi hisobiga uning xossasi o'zgaradi. Odatdagi haroratda oltingugurt yopiq halqali sakkiz atomdan iborat molekula (S₈) shaklida bo'ladi. 160°C haroratda S₈ halqalari uziladi va chiziqsimon zanjir hosil qiladi, bu esa uning qovushqoqligini ortishiga olib keladi. Harorat yanada ko'tarilganda esa uzun zanjirlar uziladi (destruksiyanadi) va oltingugurt qovushqoqligining yana pasayishiga olib keladi.

Oltingugurt bug'ida S₈, S₆ va S₂ molekulari bo'ladi, haroratning ortishi bilan S₂ molekulari miqdori ortadi, bunda bug' rangi o'zgaradi. Qaynash harorati yaqinida oltingugurt bug'i och sariq rangda bo'ladi va haroratning ortishi bilan qizara boshlaydi, so'ngra yana tiniqlashadi va 650°C haroratda to'q sariq rangga kiradi. 900°C haroratda oltingugurt bug'lari amalda S₂ molekularidan iborat bo'ladi. Uning atomlarga parchalanishi taxminan 1600°C haroratdan boshlanadi.

Oltिंगugurtning solishtirma issiqlik sig'imini (j/g·grad hisobida) quyidagi formulalar orqali hisoblash mumkin:

rombik oltिंगugurt uchun 0 dan 95,6°C harorat chegarasida

$$c_p = 0,469 + 8,17 \cdot 10^{-4} T$$

monoklinik oltिंगugurt uchun 0 dan 110°C harorat chegarasida

$$c_p = 0,465 + 9,09 \cdot 10^{-4} T$$

suyuq oltिंगugurt uchun

$$c_p = 0,239 - 25,6 \cdot 10^{-4} T$$

Bug' holatdagi oltिंगugurtning molyar issiqlik sig'imini (j/g·grad hisobida) quyidagi formulalar orqali hisoblash mumkin:

$$C_p(S_2) = 0,507 + 5,79 \cdot 10^{-5} T$$

$$C_p(S_6) = 0,427 + 5,79 \cdot 10^{-5} T$$

$$C_p(S_8) = 0,411 + 5,79 \cdot 10^{-5} T$$

Bu formulalardagi c_p va C_p lar o'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imlaridir; T – absolyut harorat, °K hisobida.

Tabiiy rudalardan oltिंगugurtning olinishi. Tabiiy oltिंगugurt konlari qoldiqli yoki vulqonli xususiyatdagi qatlamlar tarzida uchraydi. Tabiiy oltिंगugurt konlari Italiyada (Sitsiliya orollarida), Yaponiyada (Xokkaydo orollarida), AQSH da (Texas va Luiziana shtatlarida) uchraydi.

Tarkibida 20% va undan ortiq oltिंगugurt tutgan tabiiy oltिंगugurt rudalari to'g'ridan-to'g'ri kuydirilib, sulfit angidridga aylantiriladi va undan sulfat kislota ishlab chiqariladi. Ammo odatda oltिंगugurtli rudalar kuydirilmaydi, balki undan oltिंगugurt suyuqlantirilib ajratib olinadi. Oltिंगugurtни suyuqlantirib ajratib olish pechlarda, avtoklavlarda va to'g'ridan-to'g'ri yer osti qatlamlarida amalga oshiriladi.

Pechlarda oltिंगugurtни suyuqlantirishda ruda tarkibidagi 25% gacha oltिंगugurtни yoqish issiqligidan foydalaniladi. Bunda elementar oltिंगugurt unumi 75% ga yetadi.

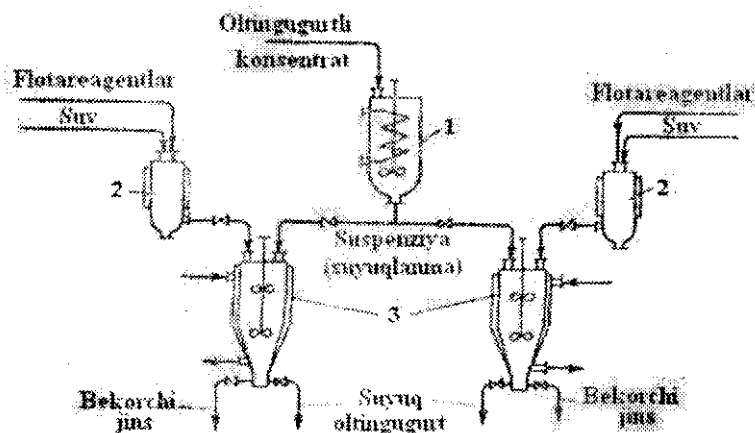
Oltिंगugurtни to'g'ridan-to'g'ri yer osti qatlamlaridan Frash usuli bo'yicha qazib olishda (bu usul AQSH da ishlatiladi) oltिंगugurt qaynoq suv bilan suyuqlantiriladi va qisilgan havo bilan yuzaga siqib chiqariladi. Buning uchun quduqqa birinchi quvur orqali bosim ostida 150-160°C haroratgacha qizdirilgan suv berilsa, quvurning ikkinchisidan esa qisilgan havo yuboriladi. So'ngra suv ma'lum masofada joylashgan va oltिंगugurtli qatlamdan chuqurroq bo'lgan boshqa maxsus quduqdan chiqarib olinadi.

Frash usuli bilan nisbatan arzon oltingugurt olinadi, lekin bunda kondan uni ajratib olish darajasi 30-60% ni tashkil etadi xolos. AQSH da oltingugurtning ko'p qismi temir yo'l va avtomobil sisternalarida suyuqlantirilgan holatda tashiladi.

Ko'pincha oltingugurtga boy bo'lgan tabiiy oltingugurt rudalaridan uni flotatsiyalash yo'li bilan ajratib olinadi.

Tabiiy rudalardan oltingugurt olish uchun flotatsiyalash va so'ngra flotatsiya avtoklavlarida konsentratdan oltingugurtni suyuqlantirish usuli qo'llaniladi (2.1-rasm).

Kondan keladigan oltingugurtli ruda dastlab tegirmonlarda maydalanadi. Juda mayda holatigacha maydalangan ruda flotatsiyalashga yuboriladi. Bunda flotoreagent sifatida suyuq shisha, kerosin va C_7-C_9 spirtlari ishlatiladi. Tarkibida 70-75% elementar oltingugurt bo'lgan hosil qilingan konsentrat quyultiruvchilarda, so'ngra barabanli filtrlar yoki sentrifugalarda 10-15% namlik qolguncha suvsizlantiriladi. Suvsizlantirilgan oltingugurtli konsentrat ochiq suyuqlantirgichga (1) yuboriladi.



2.1-rasm. Avtoklavlarda flotatsiyalash orqali oltingugurtli konsentratlardan oltingugurt olish tasviri:

1 – suyuqlantirgich; 2 – flotoreagent eritmaları yig'igichlari; 3 – flotatsiyalash avtoklavlari.

Suyuqlantirgich unumdorligi oltingugurtli konsentrat namligiga bog'liq va u konsentrat namligi 10-15%, qizdirish yuzasi 1 m^2 bo'lganda 100-150 kg/s ni tashkil etadi. Quruq konsentratni suyuqlantirishda unumdorlik 270-300 kg/s gacha yetadi.

Muntazam ravishda suyuqlangan oltingugurtli konsentrat suyuqlantirgichdan (1) 120-130°C haroratda oltingugurtli suspenziya holatida flotatsiyalash avtoklaviga (3) tushadi. Bu yerga shu bilan bir vaqtda yig'gichdan (2) flotoreagentning suvli eritmasi ham beriladi.

Avtoklavlar po'latdan tayyorlangan silindrik idish bo'lib, konussimon taglikka egadir. Sirti bug'li qoplama isitiladi. Avtoklavda aralashtirgichlar bo'ladi. Avtoklavdagi ikkita shtutserning biridan suyuqlantirilgan oltingugurt, ikkinchisidan esa bekorch i jinslar chiqarib olinadi.

Avtoklavdagi massani aralashtirilganda suv mayda tomchilarga bo'linadi, u esa bekorch i jinslarga absorbsiyalanishi natijasida massaning yuqori qatlamiga qalqib chiqadi. Shuning uchun avtoklavdan dastlab toza suyuq oltingugurt quyib olinadi, so'ngra esa bekorch i jins chiqariladi.

Flotatsiyalash avtoklavining unumdorligi 1 m³ hajmdagi jihoz uchun 1600 kg/s oltingugurtga to'g'ri keladi. Konsentratdan oltingugurtni umumiy ajratib olish darajasi 95-98% ni tashkil etadi.

Flotatsiyalash avtoklavining ishlash tartibi taxminan quyidagicha bo'ladi:

Bajariladigan ishlar	Davomiyligi, minut
Oltinugurtli bo'tqani suv bilan aralashtirish	10
Flotatsiyalash	5
Suyuq oltingugurtni quyib olish va chiqindilarni yo'qotish	15

Siklning umumiy davomiyligi 30 minutni, suyuq shisha sarfi 8% (eritmadagi SiO₂ ning konsentratsiyasi 3 g/l) ni tashkil etadi.

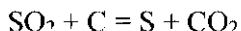
Oltinugurt bug'ining olinishi. Bug' holatdagi oltingugurtni rangli metallurgiya, neftni qayta ishlash, neft va tabiiy gazning yo'ldosh gazlari va boshqalardan ajratib olinadi. Shunday qilib, oltingugurt bug'i gazlarni tozalash jarayonlarining chiqindisi hisoblanadi va shuning uchun elementar oltingugurtning arzon turlaridan biriga kiradi. Ammo rangli metallurgiya gazlaridan olinadigan oltingugurt bug'i tarkibida ko'p miqdordagi mishyak va boshqa zararli qo'shimchalar bo'ladi, bu esa kontaktli sulfat kislota ishlab chiqarishda sulfitli gazlarni yetarli darajada oldindan tozalashni talab etadi.

Oltinugurt bug'i ayniqsa ko'pgina hollarda misli kolchedan kuydirish pechlari gazlaridan olinadi. Bunda elementar oltingugurt tarzida 80% gacha S ajratib olinadi. Misli kolchedanning asosi pirit FeS₂ hisoblanadi, kolchedandagi CuS miqdori 4% gacha bo'ladi. Misli

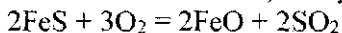
kolchedan, koks, kvars va ohaktosh (flyus) dan iborat shixtaning pechlarda kuydirilishi to'rtta zonada amalga oshadi. Birinchi zonada (quritish zonasida) shixta 550°C haroratgacha, keyingi zonada esa 800°C gacha qiziydi. Ikkinchi zonada 800°C haroratgacha qizigan shixtada quyidagi reaksiya sodir bo'ladi:



Uchinchi zonada pechning pastki qismidan chiqadigan oltingugurt dioksid shixtadagi uglerod yordamida elementar oltingugurtgacha qaytariladi:

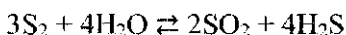


Va nihoyat, oxirgi – pechning pastki zonasida (oksidlab suyuqlantirish va shlak hosil bo'lish zonasida) FeS yonadi:

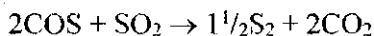
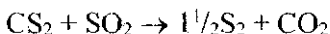
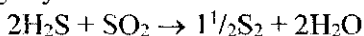


Bunda temir(II)-oksid shixta komponentlari bilan suyuqlanadi va shlak tarkibiga o'tadi, FeS ning oksidlanmagan qismi esa mis sulfidi bilan shteyn hosil qiladi.

Sulfit angidridning ko'mir bilan qaytarilishida elementar oltingugurtdan tashqari turli xildagi oltingugurtli birikmalar (uglerod sulfid, uglerod sulfoksid va boshqalar) hosil bo'ladi. Bundan tashqari, shixtadagi namlik va havo oltingugurt bilan ta'sirlashib, ma'lum miqdorda vodorod sulfid hosil qiladi:



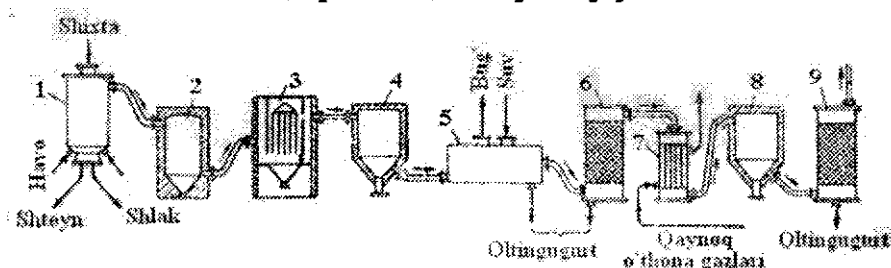
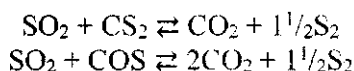
Oltingugurt birikmalari (CS_2 , COS , H_2S) pechning to'rtinchi zonasida hosil bo'ladigan sulfit angidrid ta'sirida parchalanadi va elementar oltingugurtga aylanadi:



2.2-rasmda mis kolchedani suyuqlantirilishidan elementar oltingugurt olish tasviri keltirilgan. Shixta germetik pechning (1) ikki yopqichli tirqishidan kiritiladi. Havo pechning pastki furmalari orqali shunday miqdorda beriladiki, bunda pechdan chiqadigan gaz tarkibida kislorod bo'lmaydi. Suyuqlanish natijasida hosil bo'ladigan shlak va shteyn zichliklariga muvofiq ravishda bir-biridan ajraladi. Misli shteyn avtomatik quyish mashinalari yordamida keyingi bosqichdagi qora mis olishga yuboriladi, shlak esa chiqindixonagi chiqarib tashlanadi.

Pechdan (1) chiqadigan gazlar changtutgichga (2) yuboriladi, u yerda yirik zarrachali chang ushlab qolinadi, so'ngra changdan to'la tozalash uchun elektrofiltirga (3) uzatiladi.

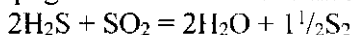
Changdan tozalangan gaz birinchi reaksiya (kontakt) kamerasiga (4) keladi. Bu yerda katalizator (boksit) ishtirokida quyidagi reaksiyalar sodir bo'ladi:



2.2-rasm. Mis kolchedanidan oltimgugurt bug'i olish tasviri:

- 1 – germetik pech; 2 – chang ushlagich; 3 – elektrofiltir;
4,8 – reaksiya kameralari; 5 – bug' yutgich qozoni; 6,9 – gazdan oltimgugurtni cho'ktirish uchun minoralar; 7 – gaz qizdirgich.

Reaksiya paytida gazning harorati 450°C gacha ko'tariladi, shuning uchun reaksiya kamerasidan chiqayotgan gaz bug' yutgich qozonida (5) 130°C haroratgacha sovitiladi, u yerda oltimgugurtning asosiy qismi kondensatlanadi. Oltimgugurtning qolgan qismi esa po'lat halqachalar to'ldirilgan to'ldirgichli minorada (6) ushlab qolinadi. So'ngra sovitilgan gaz qizdirgich (7) orqali ikkinchi reaksiya kamerasiga (8) yuboriladi, u yerda xuddi shunday katalizator (boksit) ishtirokida $200-250^{\circ}\text{C}$ haroratda sulfat angidrid gazdagi qolgan vodorod sulfid bilan ta'sirlashadi:

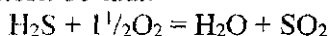


Shundan so'ng gazdan oltimgugurtni ajratib olish uchun birin-ketin ikkinchi qozon yutgich (rasmda ko'rsatilmagan) va minoradan (9) o'tadi.

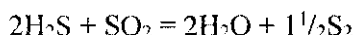
Oltimgugurtning ko'p miqdori yoqilg'i va texnologik gazlarni tozalash jarayonidan ajratib olinadigan vodorod sulfididan olinadi. Bunday oraliq mahsulot sifatida olinadigan vodorod sulfididan ho'l kataliz usuli bo'yicha sulfat kislota ishlab chiqarishda yoki elementar oltimgugurt olishda foydalaniladi. Agar mintaqada sulfat kislota ehtiyoj bo'lmasa yoki iste'molchi kam bo'lsa, u holda sulfat angidrid va vodorod sulfididan sulfat kislota emas, balki oltimgugurt olinadi. Uni tashish sulfat kislota

nisbatan anchagina arzon, oltingugurtning ekvivalent miqdori sulfat kislotaga nisbatan 3 marta kamdir, oltingugurtdan sulfat kislotaga ishlab chiqarish texnologik tizimi esa anchagina soddadir.

Vodorod sulfiddan oltingugurt olish jarayoni shundan iboratki, bunda H_2S umumiy miqdorining $\frac{1}{3}$ qismi havo bilan aralashtirilib yoqiladi, natijada sulfit anhidrid hosil bo'ladi:



So'ngra bu gazlar aralashmasiga H_2S ning qolgan qismi aralashtiriladi va gazlar aralashmasi reaktorga yuboriladi, u yerda katalizator ishtirokida vodorod sulfid va sulfit anhidridan oltingugurt hosil bo'ladi:



Hosil qilingan oltingugurt bug'lari sovuq yuzada kondensatlanadi.

Hozirgi paytda kolchedandan elementar oltingugurt olish ham katta amaliy qiziqish uyg'otmoqda (bu jarayonlar bo'yicha 400 dan ortiq ixtirolarga patentlar mavjuddir). Gap shundaki, 1 t kolchedan oltingugurtini tashish elementar oltingugurtga nisbatan 2 martadan ham ko'p harajatlarni talab etadi; bundan tashqari, oltingugurni sulfat kislotaga qayta ishlashning kapital va ishlatish harajatlari sulfat kislotani kolchedandan olishga nisbatan anchagina kamdir.

2.1-jadval

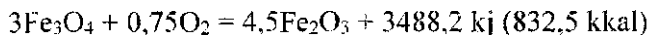
Oltingugurt navlari

Tarkibi, %	Tabiiy oltingugurt			Oltingugurt bug'i	
	oliy nav	1-nav	2-nav	1-nav	2-nav
Oltingugurt, kam emas	99,9	99,5	98,6	99,8	99,8
Kul, ko'p emas	0,05	0,2	0,5	0,1	0,5
Kislotaliligi (H_2SO_4 hisobida), ko'p emas	0,005	0,005	0,01	0,02	0,03
Mishyak, ko'p emas	0,0005	0,0005	0,003	0,01	0,5
Namligi, ko'p emas	0,2	2,0	2,0	0,2	0,5
Organik moddalar, ko'p emas	0,06	0,3	0,8	belgilanmagan	
shu jumladan uglerod, ko'p emas	0,048	0,24	0,64	—	—

Kolchedandan oltingugurt ajratib olishning usullaridan birida kolchedan kuyundisidan qaynovchi qatlamda oltingugurt ajratib olish taklif etiladi. Bu reaksiya umumiy holda quyidagicha ifodalanadi:



Hosil bo'ladigan temir kuyundisi Fe_3O_4 qaynovchi qatlamda havo kislorodi bilan oksidlanadi va jarayonga temir(III)-oksidi tarzida qaytariladi:



Tabiiy oltingugurt va oltingugurt bug'idan olingan mahsulot donachalar va maydalangan kukun tarzida ishlab chiqariladi hamda S va qo'shimchalar miqdori bo'yicha navlarga ajratiladi (2.1-jadval).

3-§. Rangli metallurgiya va aglomeratsiya gazlari. O'txona va yonilg'i gazlari. Sulfatli xomashyolar

Rangli metallurgiya gazlari. Misli, ruxli, qo'rg'oshinli rudalar va konsentratlar hamda boshqa rangli metallar tutgan rudalarni kuydirish jarayonida rangli metallar ajratib olish uchun qayta ishlashga keladigan qattiq qoldiq – kuyundidan ajraladigan chiqindi gazlar hosil bo'ladi. Chiqindi gazlar tarkibida sulfat angidrid bo'ladi va u sulfat kislota ishlab chiqarish uchun qimmatbaho xomashyo hisoblanadi.

Rangli metallurgiya chiqindi gazlaridan foydalanish xalq xo'jaligi uchun muhim ahamiyatga egadir, chunki, masalan har bir tonna mis suyuqlantirib olishda sulfat kislotali tizimdagi oltingugurtli xomashyoni kuydirishga sarflanadigan harajatlarsiz 10 t dan ortiq sulfat kislota olish imkoniyati yaratiladi. Bundan tashqari, chiqindi gazlari tarkibidagi oltingugurt oksidlarini tutib qolinishi hisobiga metallurgiya korxonalari havosining musaffoligi saqlab qolinadi.

Rangli metallurgiya rudalari qaynovchi qatlam (QQ) pechlarida kuydiriladi. Kuyundi gazlar va qaynovchi qatlam pechlarining gazlari tarkibi bo'yicha oltingugurt kolchedani kuydirilishidan hosil bo'ladigan gazlardan kam farq qiladi va shuning uchun sulfat kislota ishlab chiqarishda to'g'ridan-to'g'ri foydalaniladi. Boshqa pechlarda hosil bo'ladigan gazlar tarkibi ko'pincha xomashyo sifatiga, qurilmalarga hamda pech va boshqa jihozlar holatiga, shuningdek kuydirish jarayoni sharoitiga bog'liqdir. Shunga bog'liq holda bunday gazlardagi sulfat angidrid miqdori katta chegarada o'zgaradi.

Xomashyoni kuydirish jarayonini intensivlash va olinadigan yarim mahsulotlar – rangli metallurgiya kuyundilari sifatini yaxshilash uchun pechga beriladigan havoga purkashdan oldin uning tarkibida 30-35% O_2 bo'lguncha kislorod qo'shish qo'llaniladi yoki kuydirish jarayoni texnologik kislorod (95% O_2) muhitida amalga oshiriladi. Kislorod

ishlatiladigan barcha holatlarda ham kuydirishdan chiqadigan chiqindi gazlaridagi sulfit angidridning konsentratsiyasi ortadi.

Masalan. ruxli konsentratni qaynovchi qatlam pechlarida kuydirishda tarkibida 30% O_2 tutgan havo berilishi (havodagi 21% O_2 o'rniga) orqali o'tkazilgan sanoat sinovlari shuni ko'rsatadiki, bunda chiqadigan gaz tarkibidagi SO_2 konsentratsiyasi 8 dan 14% ga ko'tariladi, pech unumdorligi 70% ga ortadi, kuyundidagi sulfidli oltingugurt miqdori 3 marta kamayadi.

Aglomeratsiya gazlari. Qora metallurgiya yirik korxonalarida temir rudasi domna pechiga berilishdan oldin maxsus fabrikalarda aglomeratsiyalanadi (ruda shixtalarini metallurgik xossalarini yaxshilash uchun havo purkash orqali ularni yiriklashtirishning termik usuli amalga oshiriladi). Bunda ruda tarkibidagi oltingugurt oksidlanib sulfit angidridga aylanadi va aglomeratsiya gazlari tarkibiga o'tadi. Temir rudasida oltingugurt miqdori ko'p bo'lganda aglomeratsiya gazi tarkibida 0,5-1,5% gacha SO_2 bo'ladi. Ayrim yirik aglomeratsiya fabrikalarida atmosferaga chiqarib yuboriladigan gazlar 5 mln m^3/s dan ortadi, ular bilan chiqib ketadigan oltingugurt miqdori yiliga bir necha yuz ming tonnani tashkil qiladi. Bunday gazlarni to'g'ridan-to'g'ri atmosferaga chiqarib yuborish ham ekologik, ham iqtisodiy jihatdan katta zararga olib keladi.

Qora metallurgiya aglomeratsiya gazlarini ulardagi SO_2 ni turli xil yuttiruvchi materiallar yordamida ushlab qolish va so'ngra undan konsentrlangan sulfit angidridni ajratib olish yo'li bilan yoki aglomeratsiya gazlarini rudadan bir necha bor o'tkazish orqali uni tarkibidagi SO_2 konsentratsiyasini oshirish va konsentrlangan aglomeratsiya gazidan SO_2 ni ajratib olishni yo'lga qo'yish ham ekologik, ham iqtisodiy samara olish imkonini beradi.

O'txona va yonilg'i gazlari. O'choqlarda ko'mir yoqilganda ko'mirdagi oltingugurt ham yonadi va atmosferaga chiqarib yuboriladigan o'txona gazlari tarkibida anchagina SO_2 ham bo'ladi. U atmosfera havosini ifloslantirib, ekologik vaziyatni yomonlashishiga olib keladi. Shuning uchun o'txona gazlari ham tozalanadi. Bunday tozalash natijasida ko'p miqdordagi sulfit angidrid ushlab qolinadi va uni sulfat kislota ishlab chiqarishda ishlatiladi. Lekin o'txona gazlaridan SO_2 ni tozalash katta sarf-harajatlar talab etadi, shuning uchun o'txona gazlarining ma'lum qismigina tozalashga yuboriladi. O'txona gazlarini tozalashning arzon usullarini o'ylab topish va uni ishlab chiqarishga joriy etish bir tomondan tabiiy manbaalardan oqilona foydalanish imkoniyatini ochsa, ikkinchidan, tabiatdagi ekologik muvozanatni saqlab qolish kabi muhim

muammolardan birining yechimi topiladi. Bunday ishlarni amalga oshirish albatta hozirgi paytda yetishib chiqayotgan «Kimyoviy texnologiya» mutaxassisligi bo'yicha tayyorlanayotgan mutaxassislar zimmasiga yuklanadi.

Ko'pgina yoqilg'i gazlari (koks gazi, generator gazi, yo'ldosh gazlar, tabiiy gaz, neftni qayta ishlash gazlari) tarkibida anchagina miqdorda vodorod sulfid bo'ladi va u doimo gaz tarkibidagi zararli keraksiz qo'shimcha hisoblanadi. Masalan, marten pechlarida vodorod sulfid suyuq metallarga yutiladi va unda oltingugurt holida qoladi, bu esa po'latning sifatini yomonlashtiradi. Neftni qayta ishlash gazlari, yo'ldosh va tabiiy gazlar asosan turli hil mahsulotlar sintez qilishda, shuningdek turmushda ishlatiladi. Har ikki holatda ham gazlardagi H_2S miqdori Davlat Standartlari talabiga muvofiq 20 mg/m^3 dan ortmasligi lozimdir. Shuning uchun tarkibida vodorod sulfid miqdori me'yoridan ko'p bo'lgan yoqilg'i gazlari, tarkibida yutuvchi moddalar (monoetanolin, soda va boshqalar) bo'lgan eritmalar bilan qayta ishlanadi (yuviladi). Yutuvchi eritmadan vodorod sulfidni qizdirish orqali ajratiladi va bunda yuqori konsentratsiyali (90% gacha H_2S bo'lgan) vodorod sulfid olinadi. Vodorod sulfidli gazdan sulfat kislota yoki elementar oltingugurt ishlab chiqarishda foydalaniladi.

Sulfatli xomashyolar. *Gips.* Ko'pgina mamlakatlarda gips – kalsiy sulfat kristallogidrat $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ning yirik konlari mavjuddir. Tabiatda kalsiy sulfat suvsiz tuz – angidrit $CaSO_4$ tarzida ham uchraydi, shuningdek fosfat kislota, fosforli va kompleks o'g'itlar sanoatining chiqindisi – fosfogips holatida ham hosil bo'ladi.

Sulfat kislota olish uchun gips (angidrit, fosfogips) ning ko'mir va gil bilan aralashmasi kuydiriladi. Bunda kalsiy sulfatning qaytarilishi natijasida sulfit angidrid hosil bo'ladi. Qolgan kuyundi maydalangandan so'ng sement hisoblanadi. O'zbekistonda gipsdan sulfat kislota ishlab chiqarilmaydi, chunki bizda sulfat kislota ishlab chiqarish uchun gipsga nisbatan ancha arzon bo'lgan boshqa xomashyolar yetarlicha mavjuddir.

Chiqindi kislotalar. Neft mahsulotlarini tozalashda, organik moddalarni sulfolashda, suv tortib oluvchi modda sifatida va boshqa bir qancha maqsadlarda keng qo'llaniladigan sulfat kislota ishlatib bo'lingandan so'ng tarkibida ko'p miqdordagi H_2SO_4 bo'lgan chiqindi sifatida korxonalaridan chiqariladi. Bunday chiqindilar miqdori yildan-yilga ko'payib bormoqda. Ularni tozalash inshootlarida ishqorlar bilan neytrallab oqavalarga qo'shib yuboriladi va bu ham iqtisodiy, ham ekologik zararlar keltiradi.

Ko'p hollarda chiqindi kislotalardan sulfat kislotasini ajratib olish maqbul hisoblanadi. AQSH da yiliga 0,8 mln t sulfat kislota (ikkilamchi kislota) chiqindi kislotalardan ajratib olinadi.

Chiqindi kislotalarni qayta ishlash usuli uning tarkibiga bog'liqdir. Bu kislotalardan foydalanishning iqtisodiy jihatdan eng maqbul yo'li, bu uning tarkibidagi qo'shimchalar ishlab chiqarish ko'rsatkichiga sezilarli ta'sir ko'rsatmaydigan sanoatlardir, masalan, mineral o'g'itlar sanoati, metallarni tozalash va boshqalar.

Chiqindi kislotalardan to'g'ridan-to'g'ri foydalanib bo'lmaydigan sharoitlarda ular tarkibidagi qo'shimchalar tozalanadi yoki kislotani termik parchalash yo'li bilan sulfit angidrid olinadi va undan sulfat kislota ishlab chiqarishda foydalaniladi.

Yuvindi eritmaları. Metallar sirtini tozalashda kislota eritmalaridan foydalaniladi va bunda hosil bo'ladigan chiqindi eritmalar yuvindi eritmaları deyiladi. Yuvindi eritmaları tarkibida 2-4% erkin H_2SO_4 va 25% gacha $FeSO_4$ bo'ladi. Yuvindi eritmalaridan temir sulfatning asosiy qismi $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ tarzida ajratib olinadi va qoldiq eritma yuvish vannalariga qaytariladi. Yuvindi eritmaları regeneratsiyalashdan ajratilgan temir kuporosi mahsulot sifatida chiqariladi.

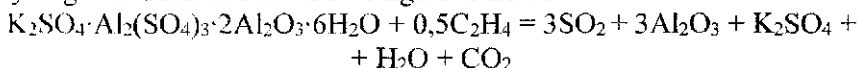
Ayrim qurilmalarda yuvindi eritmalaridan oldindan temir kuporosini ajratib olmasdan sulfat kislotasi olinadi. Bunday hollarda yuvindi eritmalaridagi sulfat kislotasi ortiqcha miqdordagi kuyundi bilan neytrallanadi va bu aralashma pechlarda ko'mir bilan qaytariladi. Hosil qilingan sulfit angidrid sulfat kislota ishlab chiqarish uchun ishlatiladi.

Alunitlar. Sulfat kislota ishlab chiqarishning kelajakdagi xomashyolaridan biri alunitlar hisoblanadi. Toza alunit mineralining kimyoviy tarkibi quyidagi formula bilan ifodalanadi: $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 2Al_2O_3 \cdot 6H_2O$.

Alunit rudasidagi bu mineralning miqdori 50% ga yetadi. Ruda tarkibida, shuningdek, kremnezem, temir va titan oksidlari, 0,2% gacha P_2O_5 bo'ladi.

Alunit $500^\circ C$ haroratgacha qizdirilganda tarkibidagi barcha kristallizatsiya suvini yo'qotadi, $600^\circ C$ dan yuqorida esa mineral SO_3 ajratish bilan parchalana boshlaydi.

Alunitning gaz holatdagi qaytaruvchilar bilan ta'sirlashishi natijasida quyidagi mahsulotlar hosil bo'lishiga olib keladi:



Ajraladigan gaz tarkibidagi SO_2 miqdori hajm bo'yicha 75% ni (quruq gaz hisobida) tashkil qiladi. Gaz havo bilan suyultiriladi va kontaktli usulda sulfat kislota ishlab chiqarish uchun ishlatiladi. Glinozem (Al_2O_3) alyuminiy ishlab chiqarishga yuboriladi, kaliy sulfatdan esa o'g'it sifatida foydalaniladi.

Nazorat uchun savollar

1. Sulfat kislota ishlab chiqarishda qanday xomashyo turlari ishlatiladi?
2. Oltingugurt kolchedanlarining tarkibi va turlarini ayting.
3. Rangli metallurgiya gazlaridan qanday maqsadlarda foydalaniladi?
4. Oltingugurtning ishlatilish sohalarini ayting.
5. Oltingugurtning xossalarini ayting.
6. Tabiiy rudalardan oltingugurt qanday olinadi?
7. Oltingugurt bug'ining olinish usullarini ayting.
8. Aglomeratsiya gazlari qanday maqsadlarda ishlatiladi?
9. O'txona va yoqilg'i gazlari nima uchun tozalanadi?
10. Sulfatli xomashyolarning yana qanday turlarini bilasiz?
11. Sulfat kislota ishlab chiqarishning kelajakdagi xomashyosi nimalar bo'lishi mumkin?

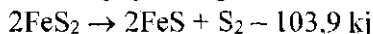
III-bob

OLTINGUGURTLI XOMASHYOLARNI KUYDIRISH

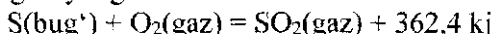
1-§. Oltingugurtli xomashyolarni kuydirishning fizik-kimyoviy asoslari

Oltingugurtli xomashyolarni yonish reaksiyalari. Tarkibida sulfid angidrid tutgan gazli aralashmalar texnikada sulfitli gazlar deyiladi. Sulfitli gazlar komponentlarining (SO_2 , O_2 , N_2 va hokazo) konsentratsiyasi boshlang'ich xomashyolar turi va ularning kuydirilish usuliga qarab turlicha bo'ladi.

Kolchedanning kuydirish jarayoni bir necha bosqichli reaksiyalar bilan amalga oshadi. Dastlab temir disulfid FeS_2 ning termik parchalanishi natijasida temir sulfid va oltingugurt bug'lari hosil bo'ladi:

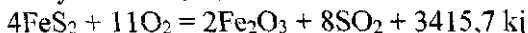


Oltingugurtning ajralishi 500°C haroratdan boshlanadi va haroratning oshirilishi natijasida tezlashadi. Oltingugurt bug'lari oltingugurt dioksid hosil qilish bilan yonadi, xuddi shunday jarayon elementar oltingugurt yonganda ham kuzatiladi:



Temir sulfid FeS ham yonadi, ammo bu jarayonning aniq mexanizmi belgilab berilmagan va hozirda bir necha oraliq reaksiyalar yo'nalishlari aytib o'tilgan. Ulardan birida FeS oksidlanishining birinchi bosqichida temir sulfatlari hosil bo'lishi va so'ngra ular temir oksidlarigacha parchalanishi ko'rsatilgan bo'lsa, boshqasida esa FeS to'g'ridan-to'g'ri temir oksidlariga aylanishi aytilgan.

Umumiy holda kolchedanning yonish jarayoni temir(III)-oksidi Fe_2O_3 yoki temir kuyundisi Fe_3O_4 hosil bo'lishi bilan kechadi:



yoki



Yuqori harorat, gaz tarkibidagi sulfid angidrid miqdorining ko'p bo'lishi va yonmagan kolchedan miqdorining nisbatan katta bo'lishi Fe_3O_4

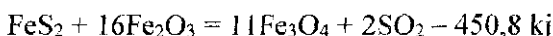
hosil bo'lishi uchun qulay sharoit yaratadi. Yonish jarayonida kolchedan tarkibidagi qo'rg'oshin, magniy, kalsiy, bariy sulfatlari parchalanmaydi. Kuydirish jarayonida metallar karbonatlari parchalanishi natijasida karbonat angidrid ajralib chiqadi va tegishli metallarning oksidlari hosil bo'ladi, so'ngra ular sulfatlarga aylanadi.

Ko'mirli kolchedan kuydirilganda oltingugurt bilan birgalikda uglerod ham yonadi:

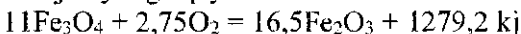


Bunda kuyundi gazi tarkibidagi kislorod miqdori kamayadi, bu esa sulfit angidridning keyingi bosqichdagi katalitik oksidlanish tezligini pasaytiradi.

Kolchedanning kuyundi bilan oksidlanishi natijasida (jarayon 800°C haroratda amalga oshiriladi) yuqori konsentratsiyali sulfit angidrid gazi olinadi:

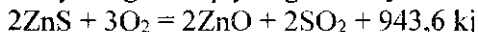


Hosil bo'lgan temir kuyundisi havo kislorodi bilan 900°C haroratda oksidlanadi va yana jarayonga qaytariladi:

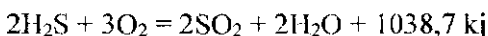


Bu reaksiyalarning issiqlik effektlari yig'indisi musbat bo'lib, 828,4 kJ ga teng, bu esa bunday usulda sulfit angidrid olishning avtotermik jarayon bo'lishligini ta'minlaydi.

Rux aldamasi kuydirilganda quyidagi reaksiya sodir bo'ladi:



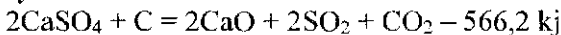
Vodorod sulfid yoqilganda esa sulfit angidrid bilan birgalikda suv bug'i ham hosi bo'ladi:



Gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ qizdirilganda dastlab kristallizatsiya suvi ajraladi, so'ngra kalsiy sulfat (angidrit) parchalanadi:



Uning to'la parchalanishi $1400\text{--}1500^\circ\text{C}$ haroratda amalga oshadi. Parchalanish haroratini pasaytirish uchun ko'mir qo'shish kerak. Bunda quyidagi reaksiya sodir bo'ladi:



CaSO_4 ning parchalanish haroratini pasaytirish uchun shixtaga kremnezem, alyuminiy va temir oksidlari qo'shish orqali ham amalga oshirilishi mumkin.

Oltingugurtli xomashyolarning yonish issiqligi. Kolchedanni kuydirish reaksiyasining (Fe_2O_3 hosil bo'lishi bilan boradigan reaksiya) tenglamasidan ko'rinadiki, 4 mol temir disulfid (molekulyar massasi

119,98) yonganda 3415,7 kJ issiqlik ajraladi. Shunday ekan, kimyoviy toza FeS_2 ning yonish issiqligi:

$$\frac{3415,7 \cdot 1000}{4 \cdot 119,98} = 7119 \text{ kJ ga tengdir.}$$

Kolchedanning yonishidan ajraladigan issiqlik miqdori oltingugurtning to'la yonish ($t_{yo.}$) darajasiga bog'liq bo'lib, quyidagi tenglama bilan hisoblanishi mumkin:

$$Q = \frac{7119 C_{S(t_{yo.})}}{53,5} = 133,2 C_{S(t_{yo.})} \text{ kJ/kg}$$

bu yerda: $C_{S(t_{yo.})}$ - oltingugurtning to'la yonish darajasi, %;

53,5 – FeS_2 dagi oltingugurt miqdori, %.

Oltingugurtning to'la yonish darajasi o'z navbatida quyidagi tenglamadan topiladi:

$$C_{S(t_{yo.})} = C_{S(haqiqiy)} - \chi C_{S(kuyundi)}$$

bu yerda: $C_{S(haqiqiy)}$ - kolchedandagi oltingugurt miqdori, %;

χ - hosil bo'ladigan kuyundi miqdori;

$C_{S(kuyundi)}$ - kuyundidagi oltingugurt miqdori, %.

Xuddi shunday, turli xildagi xomashyolarni kuydirish natijasida hosil bo'ladigan issiqlik miqdorlari quyidagi tenglamalar bo'yicha aniqlanadi kolchedan yondirilganda:

$$Q = 126,5 C_{S(t_{yo.})} \text{ kJ/kg}$$

oltingugurt yoqilganda:

$$Q = 92,6 C_{S(t_{yo.})} \text{ kJ/kg}$$

ruх aldamasi kuydirilganda:

$$Q = 146,7 C_{S(t_{yo.})} \text{ kJ/kg}$$

Oltingugurtli xomashyoni kuydirish harorati. Piritning sekin oksidlanishi $170-260^\circ\text{C}$ haroratdayoq sulfid angidrid ajralishi bilan boshlanadi, turli navlardagi kolchedanning alangalanish harorati esa 375 dan 420°C intervalida bo'ladi. Bunda kolchedan qanchalik maydalangan bo'lsa, uning alangalanish harorati ham shunchalik past bo'ladi. Kolchedandagi kremnezem qo'shimchasining ortishi alangalanish haroratini oshiradi, organik mahsulot qo'shimchalari esa uni pasaytiradi.

Shuni ham ta'kidlash lozimki, gazli aralashmadagi kislorod miqdorining ortishi bilan xomashyoning alangalanish harorati ortadi. Buni gaz tarkibida kislorodning ortishi bilan kolchedan sirtida temir sulfatdan iborat mustahkam himoya pardasining hosil bo'lishi bilan izohlanishi mumkin.

Kolchedanning yonish issiqligi asosan hosil bo'ladigan gaz va kuyundining qizishi uchun sarflanadi. Shuning uchun kolchedanni yonish harorati va kuyundi gazining harorati (pechga kiradigan gazning harorati 0°C bo'lganda) umumiy holda quyidagi tenglama bilan hisoblanishi mumkin:

$$t_1 = \frac{Q}{V_{\text{gaz}}c_{\text{gaz}} + G_{\text{kuyundi}}c_{\text{kuyundi}}}$$

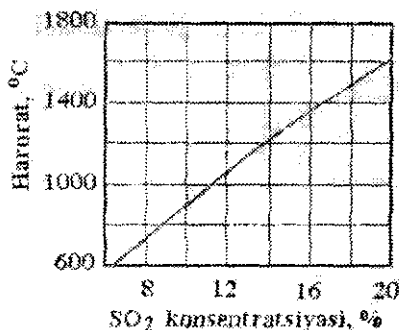
bu yerda: Q – kolchedanning yonish issiqligi, kJ/kg; V_{gaz} – 1 kg kolchedan yonganda hosil bo'ladigan kuyundi gazining hajmi, m^3 ; c_{gaz} – 0°C dan t harorat intervaligacha kuyundi gazining o'rtacha issiqlik sig'imi, kJ/($\text{m}^3 \cdot \text{grad}$); G_{kuyundi} – 1 kg kolchedan yonganda hosil bo'ladigan kuyundi miqdori, kg; c_{kuyundi} – kuyundining issiqlik sig'imi, kJ/(kg·grad).

Mexanik kuydirish pechlarida issiqlikning ko'p miqdori pech devorlari orqali va havo bilan birgalikda chiqib ketishi hisobiga yo'qotiladi. Shuning uchun hisoblashlarda buni ham e'tiborga olish lozim bo'ladi. Chang holatida va qaynovchi qatlamli kuydirish pechlarida atrof-muhitga yo'qotiladigan issiqlik birmuncha kam bo'ladi.

5.1-rasmda oltingugurtning 0°C haroratda turli miqdordagi havoda adiabatik yoqilishidan hosil bo'ladigan kuyundi gazidagi SO_2 konsentratsiyasi va harorat orasidagi bog'liqlik grafigi ko'rsatilgan. 1300°C dan yuqori haroratda pechning va gaz o'tkazish quvurlarining ichki niqobi tezda ishdan chiqishi tufayli amalda pechdagi haroratni oshirish va yuqori konsentratsiyali sulfit angidrid bo'lgan gaz olish imkoniyatlari cheklanadi. Vaholanki, oltingugurtni yoqish pechlarining o'lchami kichik va bunda atrof-muhitga yo'qotiladigan issiqlik oz bo'lsada, 3.1-rasmda keltirilgan grafikdan faqatgina mo'ljal hisoblari uchun foydalanish mumkin.

Qaynoq gazlarni suyuq singdiruvchilar bilan tozalashning mavjud usullarida (ho'l usullarda) olinadigan vodorod sulfid gazi ko'p hollarda H_2S ning yuqori konsentratsiyaliligi bilan xarakterlanadi. Shuning uchun bunday gazning yoqilishida, hattoki tarkibida ko'p miqdordagi ballast azot tutgan havo bilan aralashmasida ham yuqori harorat hosil bo'ladi. Vodorod sulfidni yuqori haroratda yoqish maqsadga muvofiqdir, chunki bunda

yonish tezligi ortadi va issiqlikdan foydalanish sharoiti yaxshilanadi. Lekin 1200°C dan yuqori haroratda yoqish, pech tayyorlanadigan materiallarni tanlashga bog'liq qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi.



3.1-rasm. Oltingugurtni yondirishdagi kuyundi gaz haroratining SO₂ konsentratsiyasiga bog'liqligi.

Komponentlarning belgilangan nisbatida vodorod sulfidning kislorod yoki havo bilan aralashmalari qizdirilganda o'z-o'zidan alangalanish xususiyatiga egadir. Vodorod sulfidni kislorod bilan aralashmasining alangalanish harorati 220-235°C ni, havo bilan aralashmasi esa 346-379°C ni (ayrim ma'lumotlarga ko'ra 290°C ni) tashkil etadi.

Pechdan chiqadigan kuyundi gazining harorati t_2 taxminiy hisoblashlarga ko'ra (agar atrof-muhitga yo'qotiladigan issiqlik hisobga olinmasa va vodorod sulfid, havo hamda kuyundi gazlarining issiqlik sig'imlari bir xil deb olinsa), quyidagi tenglama bo'yicha ifodalanadi:

$$t_2 = \frac{t_s + \delta \cdot t_a + 167a}{1 + \delta - \frac{a}{200}}$$

bu yerda: t_s , t_a – vodorod sulfid va havoning harorati, °C; a – vodorod sulfid gazidagi H₂S miqdori, %; δ - koeffitsient.

Oltingugurt tutgan xomashyoni yonish tezligi. Kolchedanning yonish tezligi FeS₂ ning oltingugurt va FeS ga parchalanish tezligiga, shuningdek temir sulfid FeS va oltingugurtning SO₂ hosil qilib oksidlanish tezligiga bog'liqdir. Haroratning va gazlar aralashmasidagi kislorod miqdorining ortishi hamda kolchedan bo'lakchalari o'lchamining kichrayishi bilan yuqorida ko'rsatilgan jarayonlar tezligi ortadi va shu hisobiga kolchedanning yonish tezligi ortadi. Kolchedanning yonish

tezligiga uning kimyoviy va mineralogik tarkibi, shuningdek kristall tuzilishi va turli qo'shimchalarning bo'lishi katta ta'sir ko'rsatadi.

Kolchedanni kuydirishda yonayotgan materialning dashqollanib qolishi katta qiyinchiliklar keltirib chiqaradi. Haroratning ko'tarilishi bilan kolchedanning dashqollanishi ortadi, u shuningdek, kolchedan tarkibi (navi) ga ham bog'liqdir. Oltingugurtga boy (35% S atrofida) kolchedan 800°C haroratdayoq dashqollanadi, ko'pchilik kolchedanlar esa 900°C da dashqollanadi. Mexanik pechlarda kolchedanning dashqollanishi uning yonish intensivligini pasaytiradi, chunki bunda kolchedanning havo kislorodi bilan to'qnashuv sirti kamayadi. Kolchedanning dashqollangan bo'lakchalarining hosil bo'lishi pechning ichki sirt yuzalarini buzilishiga olib keladi; bundan tashqari, oltingugurtning kuyundi bilan birgalikda yo'qotilishini oshiradi.

Kolchedanni chang holatida va qaynovchi qatlam (QQ) pechlarida kuydirishda dashqollanishga yo'l qo'yib bo'lmaydi, chunki bunda hosil bo'ladigan kolchedan dashqol bo'lakchalari uning muallaq holatida yonish jarayonini buzadi. Qaynovchi qatlam pechlarining qaynovchi qatlamida oz miqdordagi oltingugurt tutgan kuyundi ham bo'ladi, bu esa bunday pechlarda dashqollanish mexanik va chang holatida kuydirish pechlaridagiga nisbatan yuqoriroq haroratda bo'lishini ta'minlaydi.

Hamma holatlarda ham dashqollanish yuzaga kelishini kamaytirish uchun iloji boricha kuydirish haroratini pasaytiriladi.

Kuyundi gazining tarkibi. Oltingugurtli xomashyoni yoqish jarayonida kislorod nafaqat sulfit anhidrid hosil bo'lishiga, balki xomashyodagi boshqa komponentlarning (masalan, kolchedan kuydirilishida temirning, vodorod sulfid yoqilishida vodorodning) oksidlanishiga ham sarflanadi. Shuning uchun kuyundi gazining tarkibi kuydiriladigan xomashyo turi va pechga beriladigan gazdagi kislorodning konsentratsiyasiga bog'liqdir.

Kuyundi gazidagi sulfit anhidrid va kislorod orasidagi nisbat quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$C_{O_2} = n - \left[m - \frac{n(m-1)}{100} \right] C_{SO_2} - \left[m + 0,5 \frac{n(m-0,5)}{100} \right] C_{SO_3}$$

bu yerda: C_{O_2} - kuyundi gazidagi O_2 miqdori, hajmiy %; C_{SO_2} - kuyundi gazidagi SO_2 miqdori, hajmiy %; C_{SO_3} - kuyundi gazidagi SO_3 miqdori, hajmiy %; m - reaksiyaga kirishuvchi kislorod mol qismining kuydirish natijasida hosil bo'ladigan sulfit anhidrid mol qismiga nisbati (kimyoviy

reaksiya tenglamasi bo'yicha); n -havodagi (yoki boshqa azot kislorod aralashmasidagi) kislorod miqdori, hajmiy %.

Agar xomashyoni kuydirish jarayonidagi SO_3 ning hosil bo'lishi hisobga olinmasa, yuqoridagi tenglama quyidagicha ifodalanadi:

$$C_{O_2} = n - \left[m - \frac{n(m-1)}{100} \right] C_{SO_2}$$

3.1-jadvalda bu tenglamalar asosida turli xomashyolardan hosil qilingan kuyundi gazidagi kislorod miqdorini hisoblash formulalari keltirilgan. Agar 3.1-jadvalda keltirilgan xoxlagan tenglamadagi C_{O_2} ni nolga teng (ya'ni kislorod yo'q) deb olinsa, kuyundi gazidagi SO_2 ning nazariy miqdori kelib chiqadi.

3.1-jadval

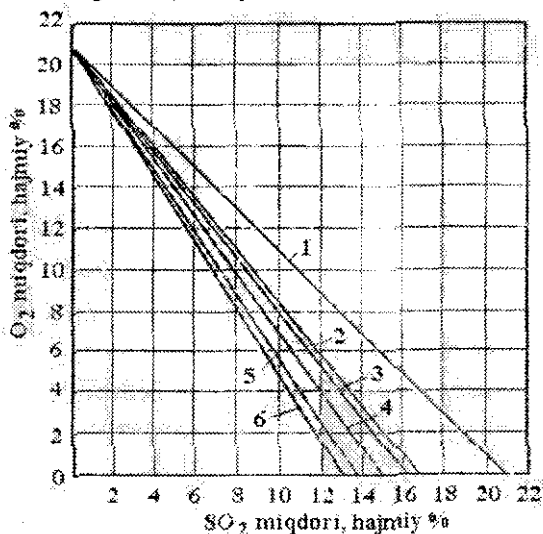
Kuyundi gazidagi kislorod miqdorini hisoblash uchun formulalar
(SO_3 hosil bo'lishi hisobga olinmagan)

Kuydiriladigan xomashyo	Yonish reaksiyasi	m	n	Formula	Kuyundi gazidagi SO_2 ning nazariy miqdori, %
Oltinugurt	$S + O_2 = SO_2$	1,0	21	$C_{O_2} = 21 - C_{SO_2}$	21,0
Kolchedan havoda	$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$	1,375	21	$C_{O_2} = 21 - 1,296C_{SO_2}$	16,2
	$3FeS_2 + 8O_2 = Fe_3O_4 + 6SO_2$	1,333	21	$C_{O_2} = 21 - 1,263C_{SO_2}$	16,6
tarkibida 4% O_2 tutgan aralashmada		1,375	45	$C_{O_2} = 21 - 1,216C_{SO_2}$	37,0
Rux aldamasi	$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$	1,5	21	$C_{O_2} = 21 - 1,395C_{SO_2}$	15,05
Vodorod sulfid	$2H_2S + 3O_2 = 2H_2O + 2SO_2$	1,5	21	$C_{O_2} = 21 - 1,605C_{SO_2}$	13,08

3.2-rasmda turli xildagi oltinugurtli xomashyolarning havoda yonishidan olingan kuyundi gazidagi sulfit anhidrid va kislorod miqdorlarining bog'liqlik grafigi tasvirlangan.

Kuyundi gaz tarkibida sulfat anhidridning bo'lishi xomashyoni kuydirish haroratiga, kuyundi gazdagi kislorodning konsentratsiyasiga, pechning tuzilishiga va boshqa sulfit anhidridning oksidlanish jarayoni

tezligini oshiruvchi hamda uning kuyundi bilan to'qnashuv vaqtini belgilaydigan (masalan, kolchedan zarralarining o'lchami va uning aralashtirish intensivligi kabi) bir qancha omillarga bog'liqdir.



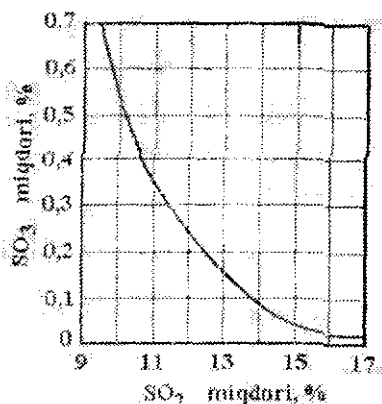
3.2-rasm. Turli xildagi oltingugurtli xomashyolarning havoda yonishidan olingan kuyundi gazidagi sulfat anhidrid va kislorod miqdorlarining bog'liqlik grafigi:

1—oltingugurt; 2—kolchedan (temir kuyundisi hosil bo'lishi); 3—kolchedan [temir(III)-oksid hosil bo'lishi]; 4—rux aldamasi va vodorod sulfid; 5—temir sulfid FeS; 6—pirrotin $\text{Fe}_n\text{S}_{n+1}$ ($n > 5$).

Kolchedanni mexanik pechlarda kuydirilganda SO_3 miqdori SO_2 ning umumiy miqdorini 5-10% qismini tashkil etadi, chang holatida kuydirish pechlarida kuydirilganda esa SO_3 miqdori nisbatan kam (2-3%) hosil bo'ladi.

Qaynovchi qatlam pechlarida kolchedanni havo bilan aralashishi tez suratda bo'lganligi sababli xomashyoni kuyishi katta tezlikda sodir bo'ladi, shuning uchun qaynovchi qatlamli pechlardan ko'p miqdorda sulfat anhidrid (15% gacha SO_2) tutgan kuyundi gaz olinadi, chunki gazda xattoki kislorod miqdori oz darajada bo'lsada, kuydirish jarayonining tezligi yetarlicha yuqori darajada qoladi. SO_2 konsentratsiyasining katta (kislorod miqdorining kam) va kuydirish haroratining yuqori bo'lishi hisobiga sulfat anhidridning SO_3 ga oksidlanishi qaynovchi qatlam pechlarida sezilarli darajada bo'lmaydi; SO_3 miqdori qanchalik kam

bo'lsa, kuyundi gazi tarkibidagi SO_2 konsentratsiyasi ham shunchalik darajada yuqori bo'ladi (3.3-rasm).



3.3-rasm. Qaynovchi qatlam pechlarida kuyundi gazidagi SO_2 miqdorining SO_3 miqdoriga bog'liqlik grafigi.

Vodorod sulfid gazi yoqilganda hosil bo'ladigan kuyundi gazi tarkibidagi asosiy komponentlar miqdori (agar vodorod sulfidga O_2 aralashmagan va vodorod sulfid gazi tarkibidagi qo'shimchalarni oksidlash uchun sarflanadigan kislorod hisobga olinmagan deb qabul qilinsa) quyidagi tenglamalar bilan ifodalanadi:

$$x = \frac{a}{1 + \delta - \frac{a}{200}}$$

$$y = \frac{21\delta \left(1 - \frac{d}{100}\right) - 1.5a}{1 + \delta - \frac{a}{200}}$$

$$z = \frac{a + c + \delta d}{1 + \delta - \frac{a}{200}}$$

bu yerda: x, y, z – kuyundi gazidagi SO_2, O_2 va H_2O miqdorlari (pechdan chiqadigan), hajmiy % hisobida; a, c – vodorod sulfid gazidagi H_2S va H_2O miqdorlari, hajmiy % hisobida; d – havodagi H_2O miqdori, hajmiy % hisobida; δ – 1 m^3 vodorod sulfid gaziga to'g'ri keladigan havo hajmini

ifodalaydigan koeffitsient (gazlar hajmi normal sharoitga keltirilgan deb hisoblanadi).

Agar $a=100\%$ va $c=d=0$ deb qabul qilinsa, u holda keltirilgan tenglamalardan δ ni hisobga olmagan holda quyidagi sodda tenglama hosil qilinadi:

$$y = 21 - 1,605x$$

yoki quruq gazga hisoblanganda:

$$y = 21 - 1,395x$$

Agar kuyundi gazida kislorod bo'lmasa ($y=0$), bu kuyundi gazidagi SO_2 maksimal konsentratsiyasiga muvofiq keladi, u holda yuqoridagi tenglamalardan: $x = 13,08\%$, yoki quruq gaz hisobida $x = 15,05\%$ SO_2 kelib chiqadi.

Issiqlik texnikasida ortiqcha beriladigan havo α koeffitsienti bilan belgilanadi va u bizning misolimizda H_2S ni yoqish uchun talab etiladigan havoning nazariy miqdoriga nisbatan necha marta ko'pligini ko'rsatadi. α va δ koeffitsientlar orasidagi bog'liqlik quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\alpha = 0,14\delta \frac{100-d}{a}$$

Vodorod sulfidning oksidlanishi uning chala yonishi bilan bog'liq quyidagi oraliq reaksiya tenglamasi:



bilan boradi va bunda 20% gacha oltingugurt monooksid hosil bo'ladi, so'ngra u SO_2 gacha oksidlanadi. Oltingugurt monooksid, kislorod yetishmaganda SO_2 va oltingugurt hosil qilgan holda parchalanadi.

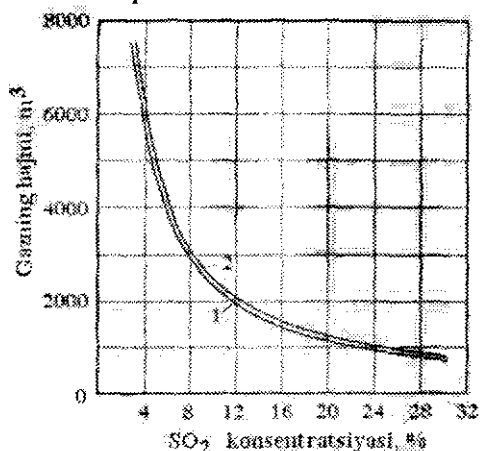
Kolchedan tarkibidagi mishyak, selen, tellur va reniy qo'shimchalari kuydirish jarayonida kislorod bilan As_2O_3 , Se_2O_3 , TeO_2 va Re_2O_7 gacha oksidlanadi, ular mexanik pechlarda va chang holatida kuydirish pechlarida xomashyo kuydirilganda asosan kuyundi gazi tarkibiga o'tadi. Kuyundi tarkibida qoladigan mishyak va selen miqdori katta chegarada bo'ladi va u kolchedanni kuydirish sharoitiga bog'liqdir; kuydirish harorati qanchalik yuqori bo'lsa, ular kuyundidan shunchalik ko'p yo'qotiladi. Masalan, mexanik pechlarda 590°C haroratda kuydirilganda kolchedandagi mishyak miqdorining kuyundida 85%, changda esa 0,5% qismi, 840°C haroratda kuydirilganda esa mishyakning kuyundi va changdagi miqdori tegishli 1 va 46% qismi qoladi.

Qaynovchi qatlam pechlarida ruda va konsentratlarni kuydirilishidan hosil bo'ladigan gaz tarkibiga reniyning asosiy miqdori (80-90%) o'tadi.

Xomashyodagi fluor kuydirish jarayonida xomashyodan kuyundi gaz tarkibiga HF tarzida o'tadi. Uning bir qismi kremniy birikmalari (pech niqobidagi, changdagi va boshqalardagi) bilan ta'sirlashishi natijasida kremniy florid SiF_4 ga aylanishi mumkin.

Qaynovchi qatlam pechlarining qaynayotgan qatlamida kolchedan emas, balki gazdagi As_2O_3 ni yaxshi adsorbsiyalaydigan kuyundi bo'ladi, shuning uchun qaynovchi qatlam pechlaridagi kuyundi gaz tarkibida mexanik va chang holatida kuydirish pechlaridagiga nisbatan mishyak miqdori kam bo'ladi. Bir xil miqdorda mishyak tutgan va bir xil navlardagi kolchedan va rux aldamasi kuydirilganda, mexanik pechlardan chiqadigan kuyundi gazlari tarkibida 30 mg/m^3 , qaynovchi qatlam pechlaridan chiqadigan kuyundi gazlari tarkibida esa $0,1 \text{ mg/m}^3$, ya'ni 300 marta kam miqdordagi mishyak bo'lishi aniqlangan.

Qaynovchi qatlam pechlarida gazning kuyundi bilan yaqindan bir-biriga tegib turishi sababli selenning ko'p qismi mexanik pechlardagiga nisbatan kuyundi tarkibida qoladi.



3.4-rasm. 1 t sulfat kislotaga qayta ishlanadigan gaz hajmi (normal sharoitda):

1 – oltingugurtdan foydalanish 100%; 2 – oltingugurtdan foydalanish 95%.

1 t H_2SO_4 ishlab chiqarish uchun qayta ishlashga beriladigan kuyundi gazining hajmi (gaz hajmi normal sharoitga keltirilgan deb hisoblanadi) quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$V = \frac{2,285 \cdot 10^6}{a(100 - q_y)}$$

bu yerda: a – gazdagi SO_2 konsentratsiyasi, %; q_y – sulfit angidridni qayta ishlashda S ning yo‘qotilishi, %.

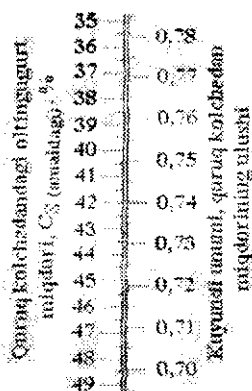
Yuqoridagi tenglamadan ko‘rinadiki, 1 t mahsulotga qayta ishlanadigan gaz hajmi boshlang‘ich xomashyo turi va sifatiga bog‘liq bo‘lmay, balki gazdagi SO_2 konsentratsiyasi va kuyundi gazidagi oltingugurtdan foydalanish koeffitsienti orqali aniqlanadi (3.4-rasm).

Kuyundining miqdori va tarkibi. Kolchedan va boshqa oltingugurtli rudalar kuydirilganda kuyundi hosil bo‘ladi, uning miqdori xomashyoning kimyoviy tarkibi va undagi oltingugurtning to‘la yonishiga bog‘liqdir.

Kuyundining amaldagi unumi (quruq kolchedan miqdoriga nisbatan ulushlarda) 3.5-rasm bo‘yicha yoki quyidagi tenglama asosida aniqlanishi mumkin:

$$\chi = \frac{C_{S(\text{nazariy})} - (1-\varphi)C_{S(\text{amalda})}}{C_{S(\text{nazariy})} - (1-\varphi)C'_{S(\text{kuyund})}}$$

bu yerda: $C_{S(\text{nazariy})}$ – quruq kolchedandagi oltingugurtning nazariy miqdori (kimyoviy birikmaga muvofiq holda), %; $C_{S(\text{amalda})}$ – quruq kolchedandagi oltingugurtning amaldagi miqdori, %; $C_{S(\text{kuyund})}$ – kuyundidagi oltingugurt miqdori, %; φ – reaksiya bo‘yicha kuyundining nazariy unumi, birlik ulush hisobida.



3.5-rasm. Quruq kolchedandan hosil bo‘ladigan kuyundi unumini aniqlash nomogrammasi.

Turli xildagi xomashyolarni kuydirish reaksiyalari uchun $C_{S(\text{nazariy})}$ va φ kattaliklar qiymatlari 3.2-jadvalda keltirilgan.

$C_{S(nazari)}$ va φ kattaliklar qiymatlari

Kuydiriladigan xomashyolar	Yonish reaksiyalari	$C_{S(nazari)}$	φ
Kolchedan	$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$	53,46	0,67
	$3FeS_2 + 8O_2 = Fe_3O_4 + 6SO_2$	53,46	0,64
Temir sulfid	$4FeS + 7O_2 = 2Fe_2O_3 + 4SO_2$	36,46	0,91
Rux aldamasi	$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$	32,49	0,83

Ko'mirli kolchedan kuydirilganda hosil bo'ladigan kuyundi unumi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\chi = \frac{100 - C_{S(umalda)} - 1,6C_C}{100 - C_{S(kuyundi)}}$$

bu yerda: C_C - quruq kolchedandagi uglerod miqdori, %.

Kuyundi unumini aniqlashda nafaqat kuyundi miqdorini, balki kuyundi gazi bilan chiqib ketadigan chang miqdorini ham hisobga olish lozimdir.

Kuyundi bilan yo'qotiladigan oltingugurt miqdori (pechga beriladigan oltingugurt miqdoriga nisbatan % da) quyidagi formuladan topiladi:

$$\Pi = \frac{\chi \cdot C_{S(kuyundi)}}{C_{S(nazari)}}$$

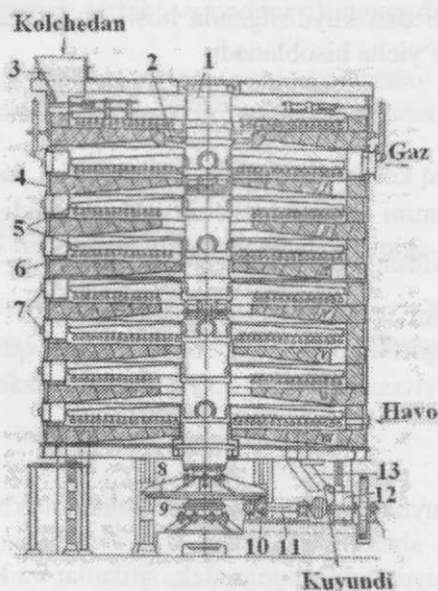
Oltingugurt kuyundida temir va mis bilan birikmasi (asosan temir sulfid FeS) tarzida, shuningdek kalsiy, bariy va boshqalarning sulfatlari shaklida bo'ladi. Kuyundida, shuningdek, silikatlar va kolchedandagi turli qo'shimchalarning oksidlanish mahsulotlari ham bo'ladi.

2-§. Kolchedanni kuydirish pechlari

Kolchedanni kuydirish uchun xilma-xil pechlar ishlatiladi. Mexanik (taxmonli) pechlarda maydalangan kolchedan bir necha taxmonlarda joylashtiriladi va uni eshkakchalari bilan bir taxmondan ikkinchisiga surish orqali aralashtirilgan holda yondiriladi. Chang holatida kuydirish pechlarida kolchedan zarralari kamera taxmonlaridan tushish vaqtida yonadi. Qaynovchi qatlamda kuydirish pechlarida pastki tomondan kiradigan havo bilan kolchedanning muallaq holatda ushlab turilishi ta'minlanadi va jadal aralashtirish orqali yondiriladi. Siklonli pechlarda

kolchedan qaynoq havo bilan birgalikda katta tezlik bilan aylanma harakati orqali kuydiriladi. Kuyundi maxsus tirqish orqali chiqarib olinadi.

Taxmonli mexanik pech. Mexanik pechlar ichida Voskresensk kimyo zavodi (VKZ) ning bir necha tokchalaridan iborat taxmonli pechi keng tarqalgandir. 3.6-rasmda tasvirlangan pech sakkizta tokchaga egadir. Uning yettita tokchasida (I-VII) kolchedanning kuyishi amalga oshadi (ishchi tokchalar), uning bitta tokchasida kolchedan quriydi (quritish tokchasi). Tokchalarning umumiy ishchi yuzasi 140 m^2 ni tashkil etadi.



3.6 – rasm. Kolchedan kuydiriladigan VKZ mexanik pechi:

- 1 – pech vali; 2 – ta'minlagich; 3 – bunker; 4 – pech niqobi; 5 – eshkakchalar; 6 – siljitgich tishlari; 7 – eshikchalar; 8 – tishli katta g'ildirak; 9 – ostki tayanch; 10 – tishli kichik g'ildirak; 11 – uzatgich vali; 12 – reduktor; 13 – maxsus chiqarish tirqishi.

VKZ pechi balandligi 8 m va diametri 5 m li po'lat silindrdan iborat. Pechning ichki tomoni o'tga chidamli g'ishtdan ishlangan (futerovka qilingan). Pechning ichki qismida o'tga chidamli g'ishtdan ishlangan 8 ta olovdon bor. Pech markazi orqali ichi bo'sh val (1) o'tgan bo'lib, unga har bir taxmon tepasida turuvchi ikki tomonga yo'nalgan siljitish tishlari (6) bo'lgan eshkakli taroqlar (5) mahkamlangan bo'ladi. Pech bunker (3) orqali kolchedan quritish (birinchi) tokchasiga kelib tushadi va aylanuvchi eshkakli taroqning siljitish tishlari orqali pech markazi tomon siljiydi. Pech

valining yaqiniga joylashgan ta'minlagich (2) orqali kolchedan birinchi ishchi tokchaga sepiladi, u yerdagi eshkakli taroqlar yordamida kolchedan markazdan pechning ichki devori tomon harakatlanadi va mahsus tirqish orqali ikkinchi ishchi tokchaga tushadi. U yerda kolchedan pech markazi tomon harakatlanadi, undan val yaqinidagi halqali teshik orqali uchinchi ishchi tokchaga tushadi va hokazo. Oxirgi (pastki) tokchadan kuyundi tirqish (13) orqali transportyorga tushadi va u orqali chiqindixonaga chiqarib tashlanadi. Kolchedanning yonishi uchun talab etiladigan havo pech niqobi orqali kiradigan va pastki oxirgi tokchanning ustki qismida joylashgan tirqishdan beriladi.

Har bir ishchi tokchalarda to'rttadan eshikchalar (7) bo'lib, ularning har birida kuyish jarayonini ishchi tokchalar holatini kuzatish uchun qopqoq bilan yopib qo'yiladigan maxsus tirqishlar mavjud. Ichi bo'sh val – reduktorning (12) aylanishidan uzatgich val (11) orqali keladigan harakat orqali aylanadi. Bunda uzatgich valdagi tishli kichik g'ildirak (10) aylanma harakatni pech valining pastki qismiga mahkallangan tishli katta g'ildirakka (8) uzatadi.

Sutkasiga pech tokchasining 1 m^3 yuzasida kuydiriladigan xomashyo miqdori (tarkibida 45% S bo'lgan quruq shartli kolchedan hisobida) mexanik pechning jadalligini ifodalaydi. VKZ pechlarida 32-35 t/sutka shartli kolchedan kuydiriladi, bu $225\text{-}250 \text{ kg/m}^2$ jadallikka to'g'ri keladi. Bunday jadallikda ishlaydigan pech kuyundisida 2% atrofida oltingugurt bo'ladi, kuyundi gazdagi SO_2 konsentratsiyasi 9-10% ni tashkil etadi.

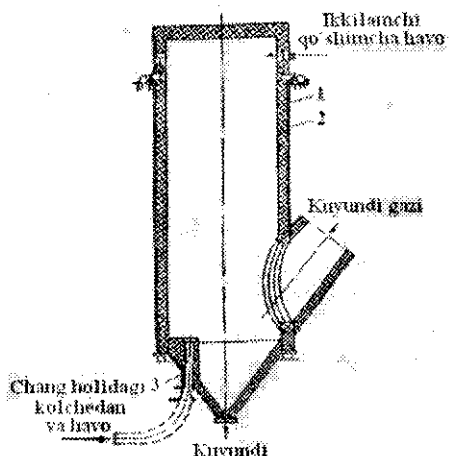
Mexanik pechlarning normal ishlashidagi asosiy shartlar quyidagilardan iboratdir:

- 1) Kerakli miqdordagi havoni pechga kirishini ta'minlash uchun yetarlicha so'rinishning ta'minlanishi;
- 2) Pechning kolchedan bilan bir xilda ta'minlanishi;
- 3) Val va eshkakchalarning jadallik bilan sovutilishi;
- 4) Kolchedan dashqollari bilan berkilib qolgan pech tokchalaridagi tirqishlarni muntazam suratda tozalab turilishi;
- 5) Pechdan kuyundini va gaz o'tish yo'llaridan changni tizimli ravishda yo'qotib turilishi.

VKZ pechlari ancha murakkab tuzilganligi uchun ulardan foydalanish ancha qimmatga tushadi. Shuning uchun hozirgi paytda ko'proq boshqa pechlar qo'llanilmoqda.

Chang holatida kolchedanni kuydirish pechi. Chang holatida kuydirish pechining tuzilishi 3.7-rasmda tasvirlangan. Pechning diametri 4 metrni, balandligi esa 10 metrni tashkil etadi. Bunda ham maydalangan va

quruq holatdagi flotatsion kolchedan havo bilan birga forsunka (3) orqali qizdirilgan pechga kiritiladi. Kolchedan havo oqimi ta'sirida pechning yuqori qismiga ko'tarilib, u yerda yangi havo bilan to'qnashadi, so'ngra kuyundi pastga tushadi. Kuyundi pech bunkeridan chiqarib olinadi, hosil bo'lgan gaz aralashmasi esa pechning yon tomonidagi shtutser orqali chiqib ketadi.



3.7-rasm. Chang holatida kolchedanni kuydirish pechi:

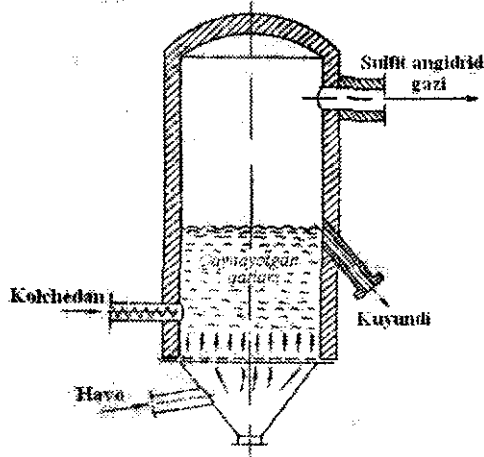
1 - g'ilof; 2 - qoplama; 3 - forsunka.

Bunday pechlar mexanik pechlarga qaraganda anchagina sodda tuzilgan hamda ularning ish jadalligi 3-4 marta ko'pdir. Hosil bo'layotgan gazlar aralashmasida 10-11% SO_2 bo'ladi; harorat $1000^{\circ}C$ ga yetadi; bunda hosil bo'layotgan issiqlik bug' qozonlarida bug' olish uchun ishlatiladi.

Chang holatida kuydirish pechlarining kamchiligi shundaki, ular mexanikaviy pechlarga nisbatan chidamsizdir, hosil bo'ladigan gaz esa juda changli bo'ladi. Bundan tashqari, bu pechlarda faqat quruq flotatsion kolchedannigina kuydirish mumkin, mexanikaviy pechlarda esa 10% namlikka ega bo'lgan kolchedanni hamda yirik oddiy kolchedanni ham yoqish mumkin.

Qaynovchi qatlamda kuydirish pechi. Nisbatan yuqori jadallik bilan ishlaydigan kolchedanni kuydirish pechlari jumlasiga qaynovchi qatlamda kuydirish pechlari kiradi va ular sanoatda keng miqyosda qo'llanilmoqda.

Qaynovchi qatlamli kolchedanni kuydirish pechlari (3.8-rasm) vertikal silindrik ko'rinishdagi ichki qismi niqoblangan kameradan iborat bo'lib, kolchedan uzluksiz ravishda pech to'riga berilib turadi, havo esa to'ring pastidan ventilyator yordamida puflanadi. Havo to'r teshikchalari orasidan katta tezlik bilan o'tib, kolchedanni yuqoriga ko'taradi va uni aralashtiradi, bunda kolchedan xuddi qaynayotgandek bo'ladi, shuning uchun ham bu jarayon qaynovchi qatlamli kuydirish deyiladi. Kolchedan to'r bo'ylab harakat qilish davrida kuyadi.



3.8-rasm. Qaynovchi qatlamli pechning prinsipial tasviri.

Bunday pechlarning jadalligi mexanik pechga nisbatan 10 barobar yuqori bo'ladi, hosil bo'ladigan gazlar aralashmasida 15-16% gacha, nazariy hisoblashlarga ko'rsa esa 16-17% SO_2 bo'ladi; pech ishini avtomatlashtirish mumkin; hosil bo'ladigan issiqlikdan tegishli maqsadlarda foydalaniladi; lekin gazlar aralashmasi juda changli bo'ladi.

Qaynovchi qatlam pechidan chiqadigan gazda pechdagi 90% gacha kuyundi u bilan chiqadi. Shuning uchun changli kuyundi gazini dastlab bitta yoki ikkita siklondan o'tkaziladi, u yerda gazdagi changning asosiy qismi tutib qolinadi, so'ngra gaz elektrofiltrdan o'tkazish orqali changdan to'la tozalanadi.

Qaynovchi qatlam pechlarida nafaqat kolchedan flotokonsentratlari, balki yirik zarrachali kolchedan ham kuydirilishi mumkin. Bunda gazning chang bilan ifloslanishi kam darajada bo'lganligi sababli kuydirish jarayonini katta tezlikda o'tkazish mumkin va shunga muvofiq ravishda panjara to'ri maydoni yuza birligida nisbatan ko'p miqdordagi kolchedanni

kuydirilishiga erishiladi. Masalan, kolchedan zarralari o'lchami 6 mm bo'lganda sutkasiga 1 m² yuzadagi panjara to'ri maydonida 15-20 t gacha kolchedanni kuydirish mumkin; flotatsion kolchedan kuydirilganda esa pechga beriladigan kolchedan miqdori birmuncha kam bo'ladi.

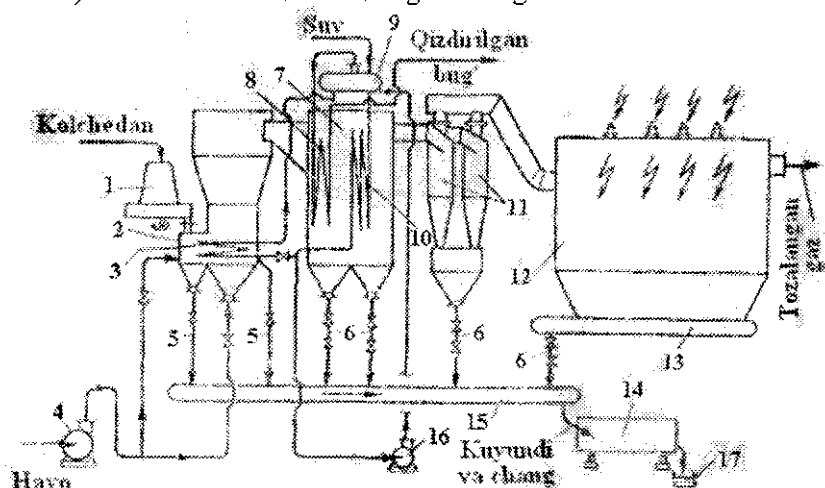
Yonish jarayoni yuqori tezlikda va jadallik bilan aralashish hisobiga borganligi sababli qaynovchi qatlamda kolchedan emas, balki kuyundi bo'ladi. Qaynovchi qatlamning turli nuqtalarida kuyundidagi oltingugurt miqdori deyarli bir xil bo'ladi. Kuyayotgan material bilan havoning to'qnashish vaqti qaynovchi qatlam balandligiga bog'liqdir: qaynovchi qatlam qanchalik yuqori bo'lsa, oltingugurt shunchalik to'la yonadi. Lekin to'r ustidagi qaynovchi qatlamni yuqori balandlikda ushlab turish uchun pechga beriladigan yuqori bosimdagi havo talab etiladi, bu esa elektroenergiya sarfini ortishiga olib keladi.

Xomashyo zarrachalari bir-biriga yopishib qolishi (dashqotlanishi) ni oldini olish maqsadida qaynovchi qatlam pechlaridagi haroratni 800°C dan oshirmaslik lozimdir. Bunday pechlardagi atrof-muhitga yo'qotiladigan issiqlik unchalik katta bo'lmaydi (2% atrofida bo'ladi), shuning uchun ulardagi haroratni kerakli darajada ushlab turish uchun pechdan ko'p miqdordagi issiqlik chiqarib olinadi. Buning uchun qaynovchi qatlam doirasiga sovitish elementlari — suvni qizdirish uchun issiqlik almashtirgich yoki bug' qozonining quvurli bo'lmalari shunday joylashtiriladiki, bunda bitta jihozning o'zida kolchedanning yonish va bug' hosil bo'lish jarayonlari amalga oshadi. Qaynovchi qatlamda issiqlik uzatish koeffitsienti qariyib 1000 kJ/(m³·grad·soat) ni tashkil etadi.

3.9-rasunda qaynovchi qatlamda kolchedanni kuydirish uchun qurilmaning tasviri keltirilgan.

Maydalangan kolchedan (rudasi yoki flotokonsentrati) bunker-ta'minlagichdan (1) bir tekisda qaynovchi qatlam pechining (2) qabul qilish kamerasiga tushadi va «qaynayotgan» material qatlamiga tegib unga aralashgan holda yonadi. Kolchedanning yonishi uchun kerak bo'ladigan havo pechga ventilyator (4) orqali puflanadi va u yerdagi kuyundi hamda yonayotgan kolchedan aralashmasini «qaynash» holatiga olib keladi. Qaynovchi qatlamdagi haroratni bir xil darajada ushlab turish uchun pechning pastki qismiga «qaynayotgan» material ichida bo'ladigan sovitish (o'ramli) elementlari (3) joylashtiriladi. Qaynovchi qatlam pechidan chiqadigan kuyundi gaz qozon-yuttirgichga (7) keladi, u yerda 400-450°C haroratgacha soviydi. Qozon-yuttirgich baraban-separator (9) bilan birgalikda o'rnatilgan bo'lib, u yerga sovitish elementlaridan (3) qaynatuvchi quvurlar (10) orqali bug'-suvli emulsiya keladi. Shunday

qilib, qaynovchi qatlam va kuyundi gazidagi barcha ortiqcha issiqlik qozon-yuttirgichda (7) ishlatiladi. Bunda 1 t kuydiriladigan standart (quruq 45% S li) kolchedan hisobidan 1.5 t gacha bug' olinishi mumkin.



3.9-rasm. Kolchedanni qaynovchi qatlam pechida kuydirish uchun qurilma tasviri:

1 – ta'minlash bunkerlari; 2 – qaynovchi qatlam pechi; 3 – sovutgich elementlari; 4 – ventilyator; 5 – kuyundi chiqarish tirqishlari; 6 – chang chiqarish tirqishlari; 7 – qozon-yuttirgich; 8 – bug'li qizdirgich; 9 – baraban-separator; 10 – qaynatgich quvurlari; 11 – siklonlar; 12 – elektrofiltir; 13 – zanjirli transformator; 14 – sovutgich baraban; 15 – transportyor; 16 – sirkulyatsiya nasosi; 17 – kuyundi va changni yo'qotish uchun lentali transportyor.

Qozondan chiqadigan kuyundi gaz siklonlar (11) yordamida yirik zarrachali changdan, ko'p tokchali elektrofiltirda (12) esa changdan to'la tozalanadi va so'ngra sulfat kislota qayta ishlash uchun yuboriladi. Qaynovchi qatlamli pechdagi kuyundi, qozon-yuttirgich bunkerlaridagi, siklonlardagi va elektrofiltirdagi chang kukunlari transportyorga (15) tushadi, so'ngra sovutish barabanida (14) sovutiladi va lentali transportyor (17) yordamida sexdan chiqarib tashlanadi.

Kuyundi gazida sulfat angidridning bo'lishi o'rinsizdir, chunki bu elektrofiltir elektrodlarida chang qatqaloqlarining hosil bo'lishga olib keladi. Qaynovchi qatlam pechlari kuyundi gazlarida esa SO_3 miqdori sezilarsiz darajada bo'ladi, bu esa uning ustunliklaridan biri hisoblanadi. Lekin sulfat kislotali tizimning keyingi bosqichlarida gazning sovush jarayonida sulfat angidridning oksidlanishi natijasida qo'shimcha miqdordagi sulfat angidridning hosil bo'lishi kuzatiladi (bu jarayonda

katalizator vazifasini kuyundi changi, jihoz niqoblari va boshqalar bajaradi). Pechdan keyin o'rnatilgan jihozlarda sulfat angidridning hosil bo'lishini kamaytirish uchun qaynovchi qatlam pechidan chiqadigan gaz to'g'ridan-to'g'ri qozon-yuttirgichga yuboriladi, u yerda tez sovutiladi (gazning qozon-yuttirgichdan o'tish vaqti 0,5 sekunddan kam bo'ladi). Shuning uchun SO_2 ning SO_3 ga tez oksidlanishini ta'minlaydigan haroratdagi gaz qozon-yuttirgichda iloji boricha kam vaqtda bo'ladi, buning natijasida sulfat angidrid oz miqdorda hosil bo'ladi. Qozon-yuttirgichdan keyin harorat past (450°C dan kichik) bo'lganligi sababli sulfat angidrid amalda hosil bo'lmaydi.

Qaynovchi qatlam pechlari turlicha samaradorlikka ega bo'ladi. Masalan, Lurgi (Germaniya) firmasining ma'lumotlariga ko'ra, ularda 1 m^3 to'r yuzasiga 7,5 dan 10 t/sutka gacha jadallikda ishlaydigan xomashyoni kuydiruvchi 14 dan 500 t/sutka gacha samaradorlikdagi qaynovchi qatlam pechlari ishlatiladi. Bunday pechlardan olinadigan bug' bosimi 24,5 dan 123 bar (25-125 atm) ga, bug' harorati 500°C gacha yetadi (3.3-jadval).

3.3-jadval

Qaynovchi qatlam pechlarining ko'rsatkichlari

Ko'rsatkichlar	Kolchedan		Ruxli konsentrat, «Elektroru» zavodining pechi
	GPROXIM pechi	Lurgi firmasi pechi	
Samaradorlik (quruq xomashyo hisobida), t/sutka.....	200	63	150
Jadallik, t/(m^2 -sutka)	10	20,0	4,5
Diametr, m	5	2	6,5
Balandlik, m	13	7	7,4
Qaynovchi qatlam balandligi, m	1	—	1,0
To'r yuzasi, m^2	27	3	33
Sovutish elementlari yuzasi, m^2	~	10	13
Gazning konsentratsiyasi, % SO_2	14-15	10-15	9-10
Qatlamning harorati, $^\circ\text{C}$	750	700-800	900-920
Beriladigan havo hajmi, m^3 /soat	20000	6100	11000
Pechning gidravlik qarshiligi, mm.suv ust.	~	800-850	1500-1700
Bug' bosimi, atm	40	40	—
Xomashyodagi oltingugurt miqdori, %	45	46,8	30,8
Kuyundidagi sulfidli oltingugurt miqdori, %	1	—	0,3

Ruxli va misli rudalar hamda konsentratlarni kuydirish uchun yuqorida bayon etilgan pechlardan ayrim detallari bilan farqlanadigan qaynovchi qatlam pechlari ishlatiladi. Bu kuydiriladigan xomashyolarni xossalari bilan bog'liq bo'lib, pechlarda xomashyoni kuydirishdan hosil bo'ladigan kuyundidan keyingi bosqichda rangli metallar ishlab chiqarish uchun sifatli kuyundi olishni talab etadi va bu ishlar undan rangli metallarni to'la ajratib olinishiga qaratiladi. Rangli metallurgiya qaynovchi qatlam pechlaridagi ishlash tartibi ham birmuncha farqlanadi. Masalan, ruxli ruda birmuncha yuqori haroratda kuydiriladi (3.3-jadval), kuyundi tarkibidagi rux, uni kuyundidan oson ajraladigan birikmaga aylanishi uchun kuyundi gazi tarkibidagi kislorod esa yuqori konsentratsiyada ushlab turiladi.

Quyida flotatsion kolchedanni (standart kolchedan hisobida) kuydirishda ishlatiladigan turli xildagi pechlarning jadalligi keltirilgan:

Pechlar	Jadalligi, kg/m ²
Taxmonli mexanik (VKZ)	250 gacha
Chang holatida kuydirish	5000 gacha
Qaynovchi qatlamli (QQ)	20000 gacha

Pechlarga kolchedanni tashlash va kuyundini yo'qotish. Pechning tuzilishi va quvvatiga bog'liq holda pech bo'linmasida kolchedanni pechga berilishi turlicha amalga oshiriladi. Odatda yetarlicha hajmga ega bo'lgan bir necha bunker o'rnatiladi, ularga kolchedan ombordan yoki maydalash bo'linmasidan zanjirli yoki lentali transportyorlar yordamida keladi. Kolchedan bunkerdan o'lovli vagonchalarda o'lgangan holda pechga to'kiladi. Vagonchalar monorelsli izlar bo'yicha qo'lda yoki elektrik yuk tortuvchi moslamalar (tyaga) yordamida 60-75 m/min tezlikda harakatlantiriladi. Yirik zavodlarda vagonchalar hajmi 3,5 m³ ga yetadi. Kolchedan vagonchalardan birin-ketin har bir pechning bunkerlariga ag'dariladi. Vagonchalardan kolchedanni tushirish avtomatlashgan holda amalga oshiriladi.

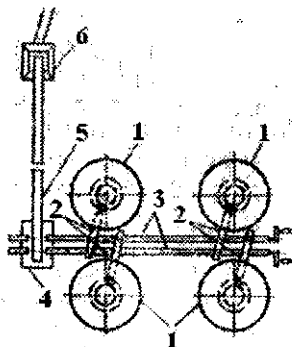
Kolchedan bunkerdan taxmonli mexanik pechlarning yuqoridagi quritish tokchasiga beriladi, bu jarayon quritish tokchasi eshkakchalariga mahkamlangan metall pichoq yordamida boshqariladi.

Sulfat kislota zavodlarida pechdan kuyundini yo'qotish mehnattalab va og'ir ish hisoblanadi hamda kuyundi yuqori haroratga ega bo'ladi va pechdan chiqayotgan kuyundidagi oltingugurt qoldiqlarining yonishi

davom etayotganligi uchun muntazam ravishda sulfit angidrid ajralib chiqib turadi.

Mexanik usulda yo'qotish va yetarlicha germetiklikka ega bo'lgan kuyundini sovutishning turli xildagi tizimlari ishlatilmoqda.

3.10-rasmda sovutuvchi shneklar yordamida VKZ pechlaridan kuyundini yo'qotish tizimining tasviri keltirilgan. Pech tirqishlaridan (1) kuyundi shnek-so'ndirgichga (2) sepiladi, u yerga sovutuvchi suv purkaladi. Suvning berilishi shunday boshqariladiki, bunda kuyundi 70-80°C haroratgacha soviydi. Sovitilgan kuyundi bir necha shneklardan uzunasiga ishlaydigan shneklarga (3) tushadi va undan kuyundi aralashtirgich bunkerning (6) transportyor lentasi (5) to'g'rilagichiga (4) to'kiladi. U yerdan kuyundini qayta ishlashga jo'natish uchun to'g'ridan-to'g'ri temir yo'l vagonlariga yoki tashuvchi avtomashinalarga uzatiladi yoxud chiqindixonaga yuboriladi.



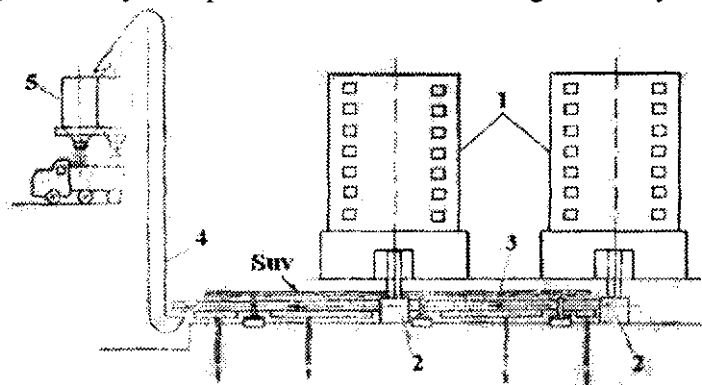
3.10-rasm. Shneklar yordamida kuyundini yo'qotish tizimining tasviri:

1 – pechlar; 2 – shnek-so'ndirgich; 3 – uzunasiga ishlaydigan shneklar;
4 – to'g'rilagich; 5 – lentali transportyor; 6 – bunker.

Sovutgichli shneklarning muhim ustunligi ularning soddaligida, ixchamligida, ishlashdagi mustahkamligi, jihozning to'la germetikligida yaqqol namoyon bo'ladi. Ularning kamchiligi shundaki, shnek-so'ndirgichda ko'p miqdordagi suv bug'lanadi va hosil bo'ladigan suv bug'i pechning kuyundi chiqarish tirqishidan kiradi va so'ngra kuyundi gazi tarkibiga o'tadi. Nitrozali usul bilan sulfat kislotasi ishlab chiqarishda kuyundi gazi tarkibidagi suv bug'ining ko'p bo'lishi texnologik jarayonga ta'sir ko'rsatmaydi. Kontaktli jarayonda esa bu maqbul emas, chunki

birinchi yuvish minorasidagi kislota konsentratsiyasini kamayishiga olib keladi.

3.11-rasmda kuyundini yo'qotish uchun sovutgich-quvurli tashuvchi qurilma tasviri keltirilgan. Kuyundi pech tirqishidan (1) bo'shatish qutilariga (2) sepiladi, undan davriy ravishda botirib oladigan maxsus cho'michlar yordamida maxsus rolklarda aylanadigan va kichik qiyalikda o'rnatilgan 250-500 mm diametrli quvurga (3) beriladi. Shu hisobiga kuyundi quvurda bunkerga (5) uzatadigan elevator (4) tomonga harakatlanadi. Tashuvchi quvurning ustki sirti suv bilan sovutiladi, shuning uchun kuyundi quvurda 120-140°C haroratgacha soviydi.



3.11-rasm. Sovutgich-quvurli tashuvchi qurilma bilan kuyundini yo'qotish tizimining tasviri:

1 – pechlar; 2 – bo'shatish qutilari; 3 – sovutgich-quvurli tashuvchi moslama;
4 – elevator; 5 – bunker.

Sovutgich-quvurli tashuvchi moslama ishlatishga mustahkam bo'lib, uni pech yaqiniga past taglik betonga o'rnatish mumkin. Bunday quvurlarning kamchiligi shundan iboratki, quvur alohida qismlarining aylanish o'qi aniq bir-biriga mos kelishi lozim, aks holda tashuvchi quvur tezda ishdan chiqadi.

Kuyundini mexanik yo'qotish uni 70-100°C haroratgacha sovutish orqali shuningdek sovutgich-barabanli tashish moslamasida ham amalga oshiriladi. Baraban po'latdan yasalgan (diametri 1 m, uzunligi 12 m bo'lgan) aylanuvchi silindrdan iborat bo'lib, ichki qismidagi vintli to'ldirgich orqali kuyundini harakatlantiradi. Barabanning tashqi qismi suv bilan sovutiladi.

Oxirgi yillarda *gidravlik va pnevmatik usullarda* kuyindini yo'qotishga katta qiziqish uyg'onmoqda. Bu usullar arzonligi va to'la

mexanizatsiyalanish mumkinligi bilan ajralib turadi. *Gidravlik usul* bo'yicha kuyundi ko'p miqdordagi suv bilan aralashtiriladi, so'ngra hosil bo'lgan bo'tqa nasoslar yordamida tindirgich havzaga quvurlar orqali yuboriladi. Tindirilgan suv suv havzasiga oqib tushadi. 60 ming t/yil quvvatda ishlaydigan sulfat kislotasi zavodining 1 t kuyundisini yo'qotish uchun suv sarfi 8-10 m³ ni, elektroenergiya sarfi 10 kvt-soatni tashkil qiladi. Bu usulda kuyundini yo'qotish keng tarqalmagan, chunki tindirilgan suv tarkibida oz bo'lsada kislotasi, temir va mis kuporoslari bo'ladi, ular suv havzalarini ifloslantiradi; suvni neytrallashtirish esa katta sarf-harajatlar talab etadi. Lekin gidravlik usulda kuyundini yo'qotishni takomillashtirilishi orqali undan kelajakda keng miqyosda foydalanilishi mumkin.

Pnevmatik usulda kuyundini yo'qotish usuli shundan iboratki, bunda soplodan chiqadigan qisilgan havo oqimi orqali bosimlar farqi yuzaga keltiriladi va buning natijasida bunkerdan kuyundi purkab chiqariladi. Bunda hosil bo'ladigan havodagi muallaq kuyundi zarrachalari pnevmotransportlar bilan quvurlar bo'yicha chiqindixonaga yoki iste'molchiga yuborish uchun bunkerga uzatiladi.

Pnevmatik tashishda aerozoldagi 1 kg havoga 10-25 kg chiqindi to'g'ri kelishi kerak; aerzolning harakatlanish tezligi 30 m/s ni tashkil etishi kerak. Havoning dastlabki bosimi tizimning qarshiligiga bog'liqdir; 200-250 m uzunlikdagi quvur uchun u o'rtacha 2-3 atm ni tashkil etadi. 1 t kuyundini yo'qotish uchun elektroenergiya sarfi 12-18 kvt-soatga yetadi.

Kuyundining ishlatilishi. Kolchedanni kuydirish natijasida hosil bo'ladigan kuyundi tarkibida qariyb 50% temir bo'ladi va u cho'yan ishlab chiqarish uchun qimmatbaho xomashyo hisoblanadi. Lekin pechlardan yo'qotiladigan kuyundi domna jarayoni uchun yaroqsizdir, chunki unda ko'p miqdordagi oltingugurt qoladi va u kerakligidan ham ko'ra ortiqcha maydalangan bo'ladi. Domnali suyuqlantirish uchun kuyundini tayyorlash uning aglomeratsiyalanishidan iboratdir. Aglomeratsiyalash jarayonida kuyundidan oltingugurt yongan holda ajralib chiqadi va kuyundi g'ovak bo'lakchalarga aylanadi.

Kuyundining ma'lum bir qismi mineral pigmentlar — surik va mumiyo olish uchun ishlatiladi. Buning uchun kuyundi qizdirilgan holda sulfat kislotasi bilan ishlanadi, so'ngra hosil bo'lgan temir sulfat ayrim qo'shimchalar bilan kuydiriladi. Kuydirish haroratiga va qo'shiladigan qo'shimchalarga bog'liq holda turli xilda tovlanadigan pigmentlar olinadi.

3-§. Kolchedanni kuydirishdagi pech bo'linmasining moddiy va issiqlik balansi

Qurilma yoki texnologik jarayonlarning moddiy va issiqlik balanslarini tuzish uchun hisoblashlarni amalga oshirilishida zarur bo'ladigan xomashyo, jihoz yoki texnologiyalarning texnik kattaliklari yohud texnologik ko'rsatkichlari aniqlab olinadi. Kolchedanni kuydirishdagi VKZ mexanik taxmonli pechlarining moddiy va issiqlik balanslarini hisoblash orqali bunday masala qanday hal etilishini ko'rib chiqamiz.

Hisoblarni amalga oshirish uchun ma'lumotlar:

Unumdorligi, t/s hisobidagi sulfat kislota (100% H_2SO_4)	10
Oltinugurtdan foydalanish darajasi, %	88,5
Quruq kolchedan sarfi (45% S), 1 t H_2SO_4 ga t	0,82
Tarkibi, %:	
kolchedandagi oltinugurt	41
kolchedandagi namlik	3
kuyundidagi oltinugurt	2
quruq kuyundi gazidagi SO_2	9
quruq kuyundi gazidagi SO_3	0,5
Harorati, °C:	
kolchedan	20
havo	20
pechdan chiqadigan kuyundi gazi	600
kuyundi	600
Havoning nisbiy namligi, %	50

Moddiy balansni tuzish. Hisoblashlar quyidagi tartibda amalga oshiriladi:

Kolchedandagi oltinugurtning umumiy miqdori:

$$\frac{A_c \cdot 10000}{M_k \cdot 0,885} = \frac{32,06 \cdot 10000}{98,08 \cdot 0,885} = 3695 \text{ kg/s}$$

Quruq kolchedan miqdori:

$$\frac{3695 \cdot 100}{41} = 9010 \text{ kg/s}$$

Kolchedandagi namlik miqdori:

$$\frac{9010 \cdot 3}{100 - 3} = 280 \text{ kg/s}$$

Kuyundi miqdorini:

$$\chi = \frac{C_{S(\text{nazari})} - (1-\varphi)C_{S(\text{umrlda})}}{C_{S(\text{nazari})} - (1-\varphi)C_{S(\text{kuyunda})}}$$

formula bo'yicha 3.2-jadvaldagi ma'lumot asosida hisoblanadi:

$$\chi = \frac{53,46 - (1-0,67) \cdot 41}{53,46 - (1-0,67) \cdot 2} \cdot 9010 = 0,755 \cdot 9010 \approx 6780 \text{ kg/s}$$

Kuyundidagi oltingugurt miqdori:

$$\frac{6780 \cdot 2}{100} = 136 \text{ kg/s}$$

Kuyundi bilan birgalikda yo'qotiladigan oltingugurt:

$$\frac{136 \cdot 100}{3695} = 3,67\%$$

To'la yonadigan oltingugurt miqdori:

$$3695 - 136 = 3559 \text{ kg/s}$$

SO₂+SO₃ ning umumiy hajmi:

$$\frac{3559 RT}{A_c} = \frac{3559 \cdot 22,4}{32,06} = 2486 \text{ m}^3/\text{s}$$

SO₂ ning hajmi:

$$\frac{2486 \cdot 9}{9 + 0,5} = 2355 \text{ m}^3/\text{s}$$

SO₃ ning umumiy hajmi:

$$2486 - 2355 = 131 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kuyundi gazdagi kislorod miqdori:

$$C_{O_2} = n - \left[m - \frac{n(m-1)}{100} \right] C_{SO_2} - \left[m + 0,5 \frac{n(m-0,5)}{100} \right] C_{SO_3}$$

formula va 3.1-jadvaldagi ma'lumotlar asosida hisoblanadi (bunda $m = 1,375$ va $n = 21$):

$$C_{O_2} = 21 - \left[1,375 - \frac{21(1,375-1)}{100} \right] \cdot 9 - \left[1,375 + 0,5 \cdot \frac{21(1,375-0,5)}{100} \right] \cdot 0,5 = 8,49\%$$

Quruq kuyundi gazining tarkibi:

$$V_r = \frac{2355 \cdot 100}{9} = 26200 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kuyundi gazidagi kislorod hajmi:

$$V_{O_2} = \frac{26200 \cdot 8,49}{100} = 2222 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kuyundi gazidagi azotning hajmi:

$$V_{N_2} = 26200 - (2355 + 131 + 2222) = 21460 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Kolchedanni kuydirishga beriladigan quruq havo hajmi (havo tarkibida 79% N_2 bor):

$$V_x = \frac{21460 \cdot 100}{79} = 27200 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Havodagi suv bug'ining hajmi (20°C harorat va havoning nisbiy namligi 50% bo'lganda undagi suv bug'ining bosimi 8,77 mm.sim.ust. ga teng):

$$V_{H_2O} = \frac{27200 \cdot 8,77}{760 + 8,77} = 317 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Kuyundi gazidagi suv bug'ining umumiy hajmi:

$$V_{H_2O} = \frac{280 \cdot 22,4}{18} + 317 \approx 660 \text{ m}^3 / \text{s}$$

VKZ pechi kuyundi gazining tarkibi 3.4-jadvalda hamda pech bo'linmasining moddiy balansi 3.5-jadvalda keltirilgan.

3.4-jadval

VKZ pechi kuyundi gazining tarkibi

Komponentlar	Tarkibi, hajmiy %	Miqdori, 1 t H_2SO_4 ga	
SO_2	8,8	235	689
SO_3	0,5	13	47
O_2	8,3	222	318
N_2	79,9	2146	2685
H_2O	2,5	66	53
Hammasi	100,0	~2680	~3790

3.5-jadval

VKZ pechlarida kolchedanni kuydirishdagi pech bo'linmasining moddiy balansi (10 t/soat H_2SO_4 ga)

Kirim	Miqdori		Chiqim	Miqdori	
	kg	m^3		kg	m^3
Kolchedan	9010	—	Kuyundi	6780	—
Kolchedan namligi	280	—	Kuyundi gaz:		
Quruq havo	35125	27200	SO_2	6890	2350
Havo bilan kiradigan			SO_3	470	130
namlik	255	317	O_2	3180	2220
			N_2	26850	21460
			H_2O	530	660
Hammasi	44700	27517	Hammasi	44700	26800

Izoh: 30 kg ga (0,6%) farq bo'ladi, bunga yo'l qo'yilishi mumkin.

Qaynovchi qatlam pechi kuyundi gazining tarkibi

Komponentlar	Tarkibi, hajmiy %	Miqdori. 1 t H ₂ SO ₄ ga	
SO ₂	13,58	245	722
SO ₃	0,10	2	7
O ₂	2,07	36	53
N ₂	78,6	1415	1771
H ₂ O	5,65	102	82
Hammasi	100,0	1800	2635

Bu yerda kuyundi gazidagi oltingugurtdan foydalanish darajasi 0,906, undagi chang miqdori taxminan 50 mg/m³ deb qabul qilindi; As₂O₃ va SeO₂ miqdorlari esa ularning kolchedandagi miqdoriga muvofiq holda katta chegarada o'zgaradi (taxminan 50 mg/m³ As₂O₃ va 25 mg/m³ SeO₂) deb olindi.

Boshlang'ich keltirilgan ma'lumotlarga ayrim o'zgarishlar kiritish orqali keltirilgan sxema bo'yicha qaynovchi qatlam pechi bilan jihozlangan pech bo'linmasining hisoblanganda kuyundi gazining tarkibi ham o'zgaradi. 3.6-jadvalda boshlang'ich ma'lumotlardagi quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirilgandagi qaynovchi qatlam pechi kuyundi gazining tarkibi keltirilgan:

Kolchedandagi namlik, %	6
Kuyundidagi oltingugurt	1
Quruq kuyundi gazidagi	
SO ₂	14,5
SO ₃	0,1

Issiqlik balansini tuzish. VKZ pechlarida kolchedanni kuydirishdagi pech bo'linmasining issiqlik balansini (3.7-jadval) tuzishda yuqoridagi moddiy balansga va quyidagi ma'lumotnoma kattaliklariga tayangan holda hisoblashlar bajariladi:

- 1) Hisoblash formulalarida kirim issiqligini hisoblashdagi kattaliklar: 0,13 va 1 – kolchedan va suvning solishtirma issiqlik sig'implari kkal/(kg·grad); kattaliklar: 0,31 va 0,36 – quruq kolchedan va suv bug'ining hajmiy issiqlik sig'implari kkal/(m³·grad); Q₅ – kattalikni hisoblashda 3-bob, 1-§ dagi formula va jadvallarga tayaniladi.
- 2) Hisoblash formulalarida chiqim issiqligini hisoblashdagi kattalik: 0,19 – kuyundining issiqlik sig'imi kkal/(kg·grad) tajribada aniqlanadi; kattalik: 0,34 – kuyundi gazining o'rtacha hajmiy issiqlik sig'imi kkal/(m³·grad).

**VKZ pechlarida kolchedanni kuydirishdagi pech bo'linmasining
issiqlik balansi**

Kiringa tegishli bandlar:

Kirish	Issiqlik miqdori		
	ming kkal	Mj	%
Kolchedanning fizik issiqligi: $Q_1 = 9010 \cdot 0,13 \cdot 20$	23,4	99	0,20
Kolchedan namligi bilan: $Q_2 = 280 \cdot 1 \cdot 20$	5,6	23,4	0,05
Havo bilan: $Q_3 = 35125 \cdot 0,31 \cdot 20$	21,75	91	1,85
Havo namligi bilan: $Q_4 = 317 \cdot 0,36 \cdot 20$	2,28	9,6	0,02
Kolchedanning yonish issiqligi: $Q_5 = 31,8 \cdot (41 - 0,755 \cdot 2) \cdot 9010$	11300	~47500	97,88
Hammasi	~11350	~47700	100

Chiqimga tegishli bandlar:

Chiqish	Issiqlik miqdori		
	ming kkal	Mj	%
Kuyundi bilan: $Q'_1 = 6780 \cdot 0,19 \cdot 600$	770	3200	6,7
Gazlar bilan: $Q'_2 = 26800 \cdot 0,34 \cdot 600$	5450	23200	47,2
Pechning atrof-muhitga uzatadigan issiqligi (kirimdan 15%): $Q'_3 = 11350 \cdot 0,15$	1700	~7000	15,0
Jami	7920	33400	68,9
Vallar va eshkakchalarni sovituvchi havo bilan (kirimdan ayirmasi bo'yicha): $Q'_5 = 31,8 \cdot (41 - 0,755 \cdot 2) \cdot 9010$	3430	~14300	31,1
Hammasi	11350	~47700	100

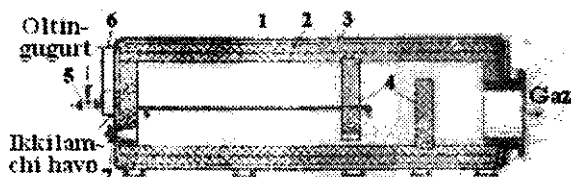
4-§. Oltingugurt va gazsimon xomashyolarni yoqish pechlari

Oltingugurtni yoqish pechlari. Sulfat kislota va selluloza-qog'oz ishlab chiqarish sanoatlarida oltingugurtni yoqish uchun har xil tuzilishdagi pechlar ishlatiladi. To'zg'itilgan holatida oltingugurtni yoqish uchun pechlar nisbatan takomillashgan va unumdordir. Bunday pechlarda ishlash oson boshqariladi, bir xil konsentratsiyali sulfitli gaz olinadi.

To'zg'itilgan holatida oltingugurtni yoqish uchun pech (3.12-rasm) o'tga chidamli g'ishtlar (2) bilan niqoblangan gorizontaal (diametri 3,4 m, uzunligi 10,5 m bo'lgan) po'lat silindr (1) ko'rinishida bo'ladi. Suyuqlantirilgan oltingugurt pechda joylashtirilgan ikkita forsunkalar (5) orqali beriladi. Oltingugurtning yonishi uchun kerakli havoning asosiy qismi chig'anoq (6) orqali beriladi, qo'shimcha (ikkilamchi) havo esa pech silindrining devoridagi tirqish orqali kiritiladi. Yonish mahsulotlarining ikkilamchi havo bilan yaxshi aralashishi uchun pechning ichki qismida ikkita to'siqlar (4) bo'ladi. Pechni toblash oltingugurt uchun forsunkalar ostidagi neftli yoki gazli forsunka (7) yordamida amalga oshiriladi. Yuqori haroratdagi pechda oltingugurt to'la yonadi, bunda yonayotgan oltingugurt mash'alasi hosil bo'ladi. Oltingugurt bug'ining yonishi pechning butun hajmida sodir bo'ladi va to'siqlar 4 hosil qilgan kamerada tugallanadi, u yerga ham qo'shimcha havo beriladi.

Oltingugurtni oldindan suyuqlantirish suyuqlantirgichda amalga oshiriladi. Suyuqlantirgich – po'latdan tayyorlangan to'g'ri to'rtburchakli yashik shaklida bo'lib, ichki qismiga bug'li issiqlik almashtirgich quvur (zmeevik) lar joylashtiriladi, ularga 5-7 bar (5-7 atm) bosim ostida bug' beriladi.

Suyuqlantirilgan oltingugurtni to'zg'itish yuqori bosimli mexanik forsunkalarda [ularga suyuqlantirilgan oltingugurt 12 bar (qariyb 12 atm) bosim ostida beriladi] va past bosimli forsunkalarda [ularda suyuqlantirilgan oltingugurtni to'zg'itish qisilgan havo bilan (bosim 6 bar)] amalga oshiriladi.



3.12-rasm. To'zg'itilgan holatida oltingugurtni yoqish uchun pech tasviri:

1 – po'lat silindr; 2 – niqob; 3 – asbest; 4 – to'siqlar; 5 – oltingugurt to'zg'itish forsunkalari; 6 – pechga havo purkash uchun chig'anoq; 7 – yoqilg'i to'zg'itish forsunkasi.

Sulfat kislota ishlab chiqarishda ishlatiladigan oltingugurt yetarlicha toza bo'lishi lozim, chunki ifloslantiruvchi qo'shimchalar suyuqlantirgichning issiqlik uzatish quvurlarining sirtiga yopishib qoladi, bu esa issiqlik almashinishini yomonlashtiradi; bundan tashqari,

torsunkalar itilganishi natijasida tiqilib qolishi mumkin. Shuni ham hisobga olish lozimki, pechda oltingugurt yoqilganda hosil bo'ladigan barcha qattiq qo'shimchalar (kul) amalda kuyundi gazining tarkibiga chang tarzida o'tadi.

Oltingugurt tarkibida 0,05% kul (z) bo'lganda va oltingugurtdan foydalanish darajasi $k = 95\%$ ni tashkil etganda 1 t sulfat kislotasi ishlab chiqarishda hosil bo'ladigan chang miqdori q quyidagiga teng bo'ladi:

$$q = \frac{1000zA_c}{100kM_k} = \frac{1000 \cdot 0,05 \cdot 32,06}{100 \cdot 0,95 \cdot 98,08} = 0,172 \text{ kg}$$

bu yerda: A_c — oltingugurtning atom massasi; M_k — sulfat kislotaning molekulyar massasi.

1 t sulfat kislotasi olishda kontaktlanishga yuboriladigan gazdagi SO_2 miqdori 8% bo'lgandagi normal sharoitga keltirilgan gaz hajmi 3000 m^3 ni tashkil etadi (5.4-rasmga qarang). Shunday qilib, gazdagi chang miqdori:

$$m = \frac{1000q}{3000} = \frac{1000 \cdot 0,172}{3000} = 0,057 \text{ g/m}^3$$

ga teng bo'ladi.

Oltingugurtdan sulfat kislotasi olishning qisqa sxema bo'yicha deb ataladigan ishlab chiqarish usulida gazdagi changning bunday miqdorda bo'lishi qiyinchiliklar keltirib chiqarishi mumkin, va holatki, keltirilgan jarayonda gaz tozalanmasdan kontakt jihoziga berilishi kerak.

Suyuqlantirilgan oltingugurtdan qattiq va organik qo'shimchalar uni tindirish yo'li bilan ajratiladi, so'ngra pechga berishdan oldin suyuqlanma filtrlanadi. Filtrlashdan oldin suyuqlanmaga to'rtta filtrllovchi qatlam hosil qiluvchi (1 t oltingugurtga 0,3-0,5 kg miqdorida) diatomit qo'shiladi. Ayrim hollarda oltingugurtga uni tarkibidagi kislotali qo'shimchalarni neytrallashtirish va korroziyani oldini olish maqsadida ohak (1 t oltingugurtga 0,15 kg) qo'shiladi.

AQSH dagi zavodlarda, ayrim hollarda, oltingugurtni qattiq qo'shimchalardan tozalash emas, balki uning yoqilishidan hosil qilinadigan gazni pemza yoki boshqa g'ovak moddalar to'ldirilgan gaz filtrlaridan o'tkazish iqtisodiy samaraliroq deb hisoblashadi.

Oltingugurt, shuningdek to'ldirgichli silindrik vertikal, qaynovchi qatlam va boshqa xildagi pechlarda ham yondiriladi.

Vertikal pechga suyuqlantirilgan oltingugurt yuqoridan to'ldirgichga beriladi, u orqali suyuq oltingugurt oqib tushadi, bug'lanadi va xuddi shunday pechning yuqori qismidan beriladigan havo oqimida yonadi.

Oltingugurt yondirish uchun qaynovchi qatlamli pech xuddi kolchedanni kuydirishdagi qaynovchi qatlam pechi singari qurilmadir. Pechga maxus solingan yirik qum zarrachalaridan qaynovchi qatlam hosil qilinadi. Pechga qattiq oltingugurt beriladi, shuning uchun suyuqlantirgich, suyuq oltingugurti uzatish nasoslari, oltingugurti suyuqlantirish uchun bug' harajatlari va boshqalarning keragi bo'lmaydi.

Oltingugurti yondirish uchun pech bo'linmasini ishlatish harajatlari kolchedanni kuydirishdagiga nisbatan arzondir, chunki amalda kuyundini yo'qotishga sarflanadigan harajatlar kerak bo'lmaydi, shu tufayli oltingugurtli pechlar yetarlicha soddadir.

Vodorod sulfidni yoqish pechlari. Bunday pech po'latdan tayyorlangan silindrik qozon ko'rinishida bo'ladi, uning ichki qismi o'tga chidamli g'ishtlar bilan niqoblangan (futerovka qilingan) bo'ladi. Pech ichidan bug' qozonlarining issiqlik almashtirgich quvurlari o'tkazilgan bo'ladi. Bu esa vodorod sulfidni yondirish jarayonining haroratini pasaytirib turishni, kuyundi gazida ko'p miqdorda SO_2 tutgan gaz olinishiga erishish uni oz miqdorda ortiqcha bo'lgan kislorod bilan o'tkazishni va ajraladigan reaksiya issiqligidan samarali foydalanishni ta'minlaydi.

Vodorod sulfidli gaz pechning yuqori qismidan yondirgich orqali kiritiladi, u yerda havo bilan aralashadi va so'ngra pech ichida mash'ala yoy hosil qilib yonadi. Pechning pastki qismida kuyundi gazini chiqarish uchun qisqa quvur (patrubok) va yupqa po'lat list bilan berkitib qo'yuvchi saqlash klapani bo'ladi. Pechda gaz-havoli aralashma yondirilganda portlash havfi paydo bo'lsa, to'siq quvurdan (flaneslardan) bosim ostida ochiladi; shu yo'l bilan pechning buzilib ketishidan saqlanadi. Havoning berilishi birdaniga to'xtaganda (bunday holat ishlab chiqarishda tez-tez uchrab turadi) pechga vodorod sulfidning kelishi avtomatik ravishda membranali klapan yordamida to'xtaydi.

Agar vodorod sulfidli gazga vodorod sianid aralashgan bo'lsa, H_2S ning yonish jarayoni kislorod yetishmagan sharoitda amalga oshiriladi. Bu holatda HCN oksidlanishi natijasida azot oksidlari emas, balki elementar azot hosil bo'ladi va shunday qilib, sulfat kislota mahsulotini azot oksidlari bilan ifloslanishining oldi olinadi. Kislorod yetishmagan sharoitda yoqish pechdan chiqadigan kuyundi gazi tarkibida ma'lum miqdordagi yonmagan vodorod sulfid va oltingugurt bug'ining bo'lishiga olib keladi. Oltingugurtning to'la oksidlanishi uchun bunday gaz qo'shimcha yondirish kamerasiga beriladi, u yerga kerakli miqdordagi havo kiritiladi.

Vodorod sulfid yonishining jadalligi (boshqa yoqilg'i gazlar singari) o'txona bo'shlig'ining quvvati bilan tavsiflanadi va 1 m³ hajmdagi o'txonadan vaqt birligi ichida ajraladigan issiqlik miqdori bilan ifodalanadi:

$$I = \frac{Q}{V}$$

bu yerda: I – o'txona bo'shlig'ining quvvati, kJ/(m³·s); Q – o'txonadan chiqadigan issiqlik miqdori, kJ/s; V – o'txona hajmi, m³.

Vodorod sulfid yoqish uchun pechlarni hisoblashda o'txona bo'shlig'ining quvvati I ni 600-800 mJ/(m³·s), yoki 150-200 ming kkal/(m³·s) deb qabul qilinadi.

Kuyundi gazlari issiqligidan foydalanish. Oltिंगугurtli xomashyo kuydirilganda va sulfat angidridni sulfat kislota qayta ishlashda ko'p miqdordagi issiqlik ajralib chiqadi. 3.8-jadvalda turli xildagi xomashyolardan 1 t sulfat kislota ishlab chiqarishda hosil bo'ladigan issiqlik miqdori haqidagi ma'lumotlar keltirilgan.

3.8-jadval

1 t H₂SO₄ olishda ajralib chiqadigan energiya miqdori

(SI sistemasiga hisoblash koeffitsienti: kkal x 4,19 = kJ)

Ko'rsatkichlar	Kolchedan	Oltिंगугurt	Vodorod sulfid
Xomashyoni yondirilishidan ajraladigan issiqlik, mln kkal	1,04	0,72	1,26
SO ₂ ni kislota qayta ishlashidan ajraladigan issiqlik, mln kkal	0,66	0,66	0,66
Hammasi.....	1,70	1,38	1,92

3.8-jadvaldan ko'rinadiki, umumiy issiqlikning 52-65% qismi oltिंगугurtli xomashyolarni kuydirilishidan ajralib chiqadi, shuning uchun pech bo'linmasida birinchi navbatda ajraladigan issiqlikdan foydalanishni yo'lga qo'yishni nazarda tutiladi. Vaholanki, 1 t H₂SO₄ olish uchun 50-100 kvт·s elektroenergiya sarflanadi, bunda sulfat kislota zavodlarida ajraladigan issiqlikning ma'lum qismidan samarali foydalanish orqali o'z-o'zini to'la elektroenergiya bilan ta'minlanishiga erishish mumkin. Qaynovchi qatlam pechlarida 1 t sulfat kislota ishlab chiqarishda 1,2 t gacha bug' olinadi, ya'ni ajraladigan issiqlikning qariyb 46% miqdoridan foydalaniladi. Shunday qilib, sulfat kislota ishlab chiqarish sanoatlari energiya ta'minotchisiga ham aylanishi mumkin, natijada sulfat kislota tannarxi keskin pasayadi.

SO₂ ning kontaktlanish va sulfat kislota hosil bo'lish issiqliklaridan qo'shimcha foydalanishda (bu yo'nalishlarda izlanishlar olib borilmoqda) issiqlikdan foydalanish ulushi ortadi va sulfat kislota ishlab chiqarish yanada iqtisodiy jihatdan tejamliroq bo'ladi.

Chang holatida va qaynovchi qatlam pechlarida kolchedanni kuydirishda, shuningdek oltingugurtni yoqishda pechdan chiqadigan gazning harorati 800-1000°C ga yetadi. Bu gazning issiqligidan bug' olish uchun qozon-yuttirgichlarda foydalanish yanada maqsadga muvofiqdir.

Mexnik pechlardan chiqadigan kuyundi gaz nisbatan past haroratga ega va shuning uchun ular qozon-yuttirgichlarda bug' olish uchun yaroqsizdir. Lekin bu gazlarning issiqligi bilan keyingi tegishli maqsadlarda (o'txonalarda, pechlarda va hokazo) ishlatish uchun yuboriladigan havoni qisman qizdirish mumkin.

5-§. Kuyundi gazlarini changdan tozalash

Kuyundi gazini changdan tozalash. Pechdan chiqadigan kuyundi gaz tarkibida chang bo'ladi, uning miqdori boshlang'ich xomashyo tarkibiga, uning zarrachalari o'lchamiga, pech konstruksiyasiga va boshqalarga bog'liqdir. Mexanik pechlarda kolchedanning kuydirilishidan hosil bo'ladigan gazning changlanganligi 1 dan 10 g/m³ gacha, chang holatida kuydirish pechlarida – 20 dan 100 g/m³ gacha, qaynovchi qatlam pechlarida esa – 50 dan 200 g/m³ gacha (gaz hajmlari normal sharoitga keltirilgan deb hisoblanganda) bo'ladi.

Changlarning kimyoviy tarkibi amalda kuyundi tarkibidan farqlanmaydi, kuyundi chang zarrachalarining zichligi qariyb 3 g/sm³ ni tashkil etadi.

Mexanik kolchedan pechlari gazidagi changning taxminiy fraksiyali tarkibi quyida keltirilgan:

Chang zarrachalarining diametri, mkm	Fraksiya miqdori, %
15 dan kichik	15,1
15-21	21,9
21-25	24
25-30	13
30-35	5,5
35-50	6,5
50-60	7,5
60 dan katta	6,5

Chang holatida kuydirish pechlari va qaynovchi qatlam pechlari gazlaridagi changning fraksiyali tarkibi kuydiriladigan boshlang'ich

xomashyoning maydalanish darajasiga bog'liqdir. Qaynovchi qatlam pechidan chiqadigan oddiy gaz tarkibining taxminan 50% qismi 15 mk gacha o'lchamli va qolgan 50% qismi – 15-40 mk o'lchamli zarrachalardan iborat juda mayda changdan iborat bo'ladi.

Chang kuyundi gazidan juda yaxshilab tozalanishi shart, chunki u jihozlarni ifloslantiradi, gidravlik qarshilikni oshiradi, mahsulot kislotasini ifloslantiradi va ishlab chiqarish jarayonlarida boshqa bir qator qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi. Gazlarni changdan tozalashning ikkita asosiy: mexanik va elektrik usullari mavjuddir. Har ikkala usul ham sulfat kislota ishlab chiqarishda foydalanilmoqda.

Mexanik tozalash. Gazni changdan mexanik tozalash uchun ishlatiladigan jihozlarning ishlash prinsipi og'irlik kuchining ta'siriga yoki markazdan qochma kuchga asoslangandir.

Laminar gaz oqimida og'irlik kuchi ta'siri ostida 1 dan 100 mk gacha diametrdagi qattiq zarrachalarning erkin cho'kish tezligi w (m/sek da) quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$w = \frac{d^2(\rho_1 - \rho_2)g}{18\mu}$$

bu yerda: d – zarracha diametri, m; ρ_1 – zarracha zichligi, kg/m³; ρ_2 – gazning zichligi, kg/m³; g – og'irlik kuchining tezlanishi, m/sek²; μ – gazning dinamik qovushqoqligi, kg/(m·sek).

Kuyundi gazidan va havodan kuyundi changini cho'ktirishda ρ_2 kattalik ρ_1 kattalikka nisbatan juda kichik qiymatli bo'lganligi uchun uni hisobga olmaslik mumkin. Shuning uchun hisoblashni soddalashtirilgan holda quyidagi tenglama orqali amalga oshirilishi mumkin:

$$w = \frac{d^2 \rho_1 g}{18\mu}$$

Bu formulaga 1 mm dan kichik diametrli zarrachalar uchun gazdagi molekulalar harakat uzunligini hisobga oladigan koeffitsientni ko'paytirish qo'shimchasi kiritiladi. 100 mkm dan yirik diametrdagi zarrachalarning cho'kish tezligini boshqa formula bo'yicha hisoblanadi, chunki bu holda cho'kish tezligi boshqa qonuniyatga bo'ysunadi.

3.9-jadvalda havodagi kuyundi changlarini cho'kish tezligini birinchi formula orqali hisoblangan ma'lumotlar keltirilgan. Bunda $\rho_1 = 3000$ kg/m³, havoning harorati 20°C va qovushqoqligi $\mu = 1,9 \cdot 10^{-7}$ kg/m·sek etib belgilangan.

Havodagi kuyundi changining choʻkish tezligi

Zarrachalar diametri		Choʻkish tezligi	
mkm	m	m/sek	sm/s
1	10^{-6}	$0,9 \cdot 10^{-4}$	32
10	10^{-5}	$0,9 \cdot 10^{-2}$	$32 \cdot 10^3$
100	10^{-4}	0,9	$3,2 \cdot 10^5$

Markazdan qochma kuch taʼsirida changni choʻktirish, zarrachaning R diametrli aylana boʻyicha aylanadigan markazdan qochma kuch maydonida boʻlishiga asoslangan. Sharsimon shakldagi zarrachaning bu kuch taʼsirida choʻkish tezligi w_1 (m/sek da) quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$w = \frac{d^2 \rho v^2}{18 R \mu}$$

bu yerda: d – zarracha diametri, m; ρ – zarracha zichligi, kg/m³; v – oqimning aylanma harakati, m/sek; R – aylanish radiusi, m; μ – gazning dinamik qovushqoqligi, kg/(m·sek).

Markazdan qochma kuch taʼsirida gazlarni changdan va suyuqlik tomchilaridan tozalash uchun jihozlar *markazdan qochma chang tutgichlar yoki siklonlar* deyiladi.

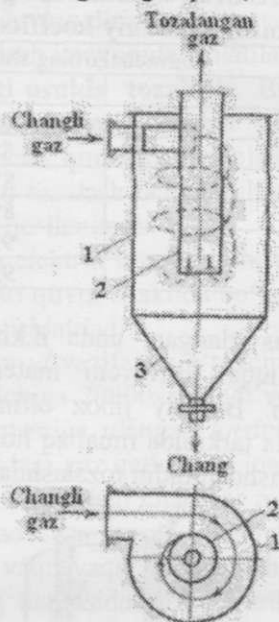
Siklonning ishlash tizimi 3.13-rasmda tasvirlangan. Jihozga gaz oqimi tangensial aylanma oqimda kiradi va markaziy chiqarish quvurining asosi boʻyicha aylanadi. Chang zarrachalari w tezlikda radial harakatlanadi, siklon devoriga urilib, uning sirtidan pastga – bunkerga tushadi. Tozalangan gaz esa markaziy quvur orqali yuqoridan chiqadi.

Yuqoridagi formuladan koʻrinadiki, siklonning unumdorligi undagi gazning tezligi ortishi bilan koʻtariladi. Lekin, shu bilan bir vaqtda siklonning gidravlik qarshiligi ham ortadi va uning sirtiga oʻtirib qolgan changning maʼlum qismini uchirib gaz bilan olib chiqib ketadi.

Siklonlardagi gazning tezligini 7-20 m/sek etib belgilangan, bunda gidravlik qarshilik 400 n/m² (~40 mm. sim. ust. ga yetadi).

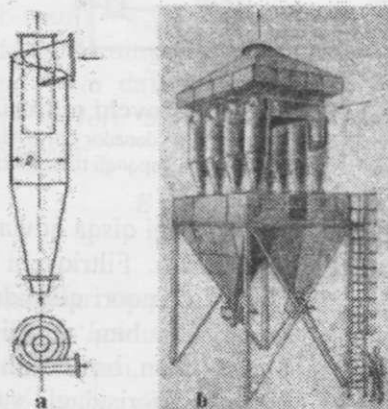
3.14-rasmda NIIOGAZ (Rossiya) bittalik siklonning va sakkiz siklondan iborat batareyasi tasvirlangan. Bunday siklonlar qaynovchi qatlam pechlarida hosil boʻladigan kuyundi gazlari tarkibidagi changni tozalashning birinchi bosqichida ishlatiladi. NIIOGAZ siklonlari batareyasidan iborat chang tutgich qurilmani tayyorlashda 1000 m²/s tozalanadigan gaz uchun 100-150 kg metall sarflanadi. *Tozalash*

koeffitsienti (tozalangan va iflos gazdagi chang miqdorlarining nisbati) changdagi zarrachalar o'lchamiga bog'liqdir (3.10-jadval).



3.13-rasm. Siklon:

1 – tashqi silindr; 2 – ichki silindr; 3 – konussimon bunker.



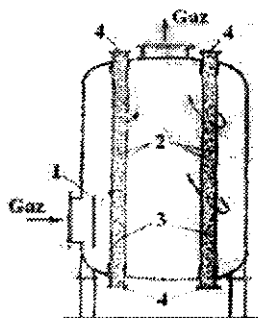
3.14-rasm. NIIOGAZ siklonlarining ishchi holatda joylanishi:

a – bittalik siklon; b – siklonlar batareyasi.

**SN-15 turidagi NIIOGAZ siklonlarida gazlarni changdan
tozalashning taxminiy ko'effitsientlari**

Siklon diametri D , mm	Zarrachalarning shartli diametri, mkm		
	5	10	20
	Tozalash ko'effitsienti, %		
800	50	85	97,2
600	55	87	98,0
400	69	89	98,5
200	77	93	99,0
100	83	95	99,5

3.15-rasmda filtr tasvirlangan, unda ikkita konsentrik to'rlar (2) orasidagi halqali bo'shliqqa filtrlovchi material (pemza, qum yoki boshqalar) joylashtirilgan. Bunday jihoz oltingugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarish jarayonida tarkibida muallaq holatida zarrachalar bo'lgan gazni kontakt jihoziga berishdan oldin tozalashda ishlatiladi.



3.15-rasm. Donador filtrlovchi materialli filtr:

- 1 – taqsimlash plitasi; 2 – to'rlar; 3 – donador filtrlovchi material;
4 – materialni chiqarish va solish qopqoqli tuynuklari (lyuklari).

Gaz jihozning pastki yon tarafidagi qisqa quvurdan kiradi va filtrlash yuzasiga plita (1) orqali taqsimlanadi. Filtrlovchi material qatlami (3) orqali o'tib, tozalangan gaz jihozning yuqori qismidagi qisqa quvur orqali chiqib ketadi. Bunday filtrlarning muhim afzalligi shundaki, ishlatib bo'lingan filtrlovchi materialni filtrdan bo'shatish va yangi filtrlovchi materialni filtrga solish, uning yuqorisidagi va pastidagi qopqoqli tuynuklar (lyuk) (4) orqali juda tez amalga oshiriladi. Gazni changdan mexanik tozalash yetarlicha sodda, lekin tozalash ko'effitsienti unchalik yuqori emas. Shuning uchun sulfat kislota ishlab chiqarishda gazlarni

yaxshilab tozalash talab etilgan taqdirda, mexanik usullar elektrik usullar bilan uyg'unlashtiriladi va yuqori changlikka ega bo'lgan kuyundi gazlarini (chang holatida kuydirish va qaynovchi qatlam pechlarining gazlarini) dastlabki tozalash jarayonida ishlatiladi.

Gazlarni elektrik usulda tozalash. Bu usul gazlardan muallaq zarrachalarni tozalashda mexanik usulga nisbatan takomillashgan va ishonchli bo'lsada, u ancha qimmatli hisoblanadi. Gazlarni changdan va sulfat kislota bug'laridan tozalash uchun sulfat kislotali sanoatda elektrik tozalash keng miqyosda qo'llaniladi.

Gazlarni changdan elektrik tozalash jihozlari *elektrofiltrlar* deyiladi. Cho'ktiruvchi elektrodleri quvur shaklida bo'lgan quvurli elektrofiltrlar va plastinkali elektrofiltrlar ishlatiladi.

Cho'ktiruvchi elektrod vazifasini o'tovchi yerga ulangan va sim to'ri bilan qoplangan quvur ichiga 70000-100000 volt kuchlanishli doimiy tok mashinasining manfiy qismiga ulangan *tojsimon elektrod* joylashtirilgan (3.16a-rasm). Sim atrofidagi gaz qatlamlari ionlashadi va yorituvchi qavat (toj) hosil bo'ladi. Gaz tarkibidagi changlar manfiy tok bilan zaryadlanib sim elektrodan qochadi va quvur devorchalariga yopishgan holda zaryadsizlanadi. Quvur vaqti-vaqti bilan urilib, yig'ilgan changlar pastga tushirib olinadi. Buning natijasida gaz quvurdan o'tayotganda changdan tozalanadi. Bu usulda gaz changdan 95-98% tozalanadi.

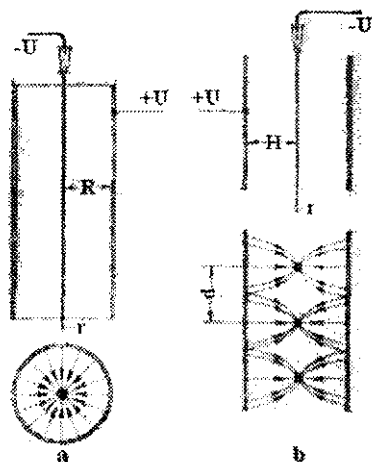
Plastinkali elektrofiltrlarda cho'ktiruvchi elektrod vazifasini plastinkalar, tojsimon elektrodlar esa plastinkalar orasiga bir-biridan va plastinkadan bir xil masofada joylashgan qator simlar tarzida joylashtiriladi (3.16b-rasm).

Elektrofiltrlarda gazlarning tozalanish darajasi elektr maydonining kuchlanganligi E ga (v/sm da) bog'liq bo'lib, u tojsimon elektrod va quvurli elektrodning devori orasidagi har qanday nuqtada quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$E = \frac{V}{2,3x \lg \frac{R}{r}}$$

bu yerda: V – potentsiallar farqi, v; x – quvur markazidan kuchlanishni o'lchash nuqtasigacha bo'lgan masofa, sm; R – quvur radiusi, sm; r – tojsimon elektrod (sim) radiusi, sm.

Bu tenglamadan ko'rinadiki, maydon kuchlanishi qanchalik katta bo'lsa, o'lchash nuqtasi ham sim asosiga yaqin bo'ladi; maksimal kuchlanganlik tojsimon elektrod sirtida yuzaga keladi.



3.16-rasm. Quruq elektrofiltrlar tizimining tasviri:

a – quvurli elektrofiltr; *b* – plastinkali elektrofiltr (strelkalar bilan elektronlar oqimining yoʻnalishi koʻrsatilgan); *n* – elektrodلarga beriladigan kuchlanish; *R* – quvurli choʻktiruvchi elektrod radiusi; *r* – tojsimon elektrod (sim) radiusi); *N* – sim va plastinkali elektrod orasidagi masofa; *d* – simlar orasidagi masofa.

Tojsimon elektrod yaqinida yuzaga keladigan gazlarni uncha katta boʻlmagan boʻshliqdagi ionlanish maydoni toj maydoni deyiladi. Bu maydonda xarakterli chaqnash va tovush hosil boʻladi. Toj maydonida musbat va manfiy zaryadlangan ionlar boʻladi; chang zarrachalari bilan toʻqnashib, ionlar ularni zaryadlaydi. Zaryadlangan chang zarrachalari elektr maydoni taʼsirida qarama-qarshi zaryadli elektrodلar sirtiga tortiladi. Tojsimon elektrod manfiy zaryadli boʻladi va undan quvur devori sirtiga manfiy zaryadlangan chang zarrachalari harakatlanadi. Oz miqdordagi changlar toj maydonida musbat zaryadli zarrachalar hosil qiladi va tojsimon elektrod sirtida choʻkadi. Toj maydonidan tashqaridagi chang zarrachalari faqat manfiy zaryadlanishi mumkin, buning natijasida quvur devorlari tomon harakatlanadi, u yerda changning asosiy miqdori choʻkadi.

Elektrofiltrdagi asosiy kuch zarrachalar zaryadiga taʼsir etadigan elektr maydoni kuchi hisoblanadi. Shu taʼsir tufayli zarrachalar choʻktiruvchi elektrod tomonga harakatlanadi. 1 dan 50 mk gacha radiusli zarrachalarning nazariy harakat tezligi (dreyf) quyidagi nazariy tenglama boʻyicha (sm/sek da) hisoblanishi mumkin:

$$w = \frac{0,11E^2r}{\mu}$$

bu yerda: E – elektr maydonining kuchlanganligi, v/sm; r – zarracha o'lchami, sm; μ – gazning dinamik qovushqoqligi, g/(sm·sek) yoki spz;

Bundan ko'rinadiki, cho'ktiruvchi elektrod tomon 1 mk dan katta radiusdagi zarrachalarning harakat tezligi zarrachaning radiusiga to'g'ri proporsionaldir. Elektrofildrdagi zarrachalarning amaldagi harakat tezligi yuqoridagi hisoblashdan olingan qiymatga nisbatan taxminan 2 marta kichik bo'ladi.

Elektrofildrdagi muallaq zarrachalarni nazariy jihatdan ushlab qolinish darajasi, ya'ni gazning tozalanish darajasi quyidagi tenglama bo'yicha hisoblanadi:

$$\eta = 1 - e^{-wf}$$

bu yerda: w – elektr maydonidagi zarrachaning harakati, sm/sek; f – elektrofildr o'lchamini va elektrofildrdagi gazning tezligini tavsiflaydigan koeffitsient.

Quvurlar va plastinkali elektrofildrlar va olti qirrali cho'ktiruvchi elektrodlar uchun f koeffitsienti quyidagi formulalar orqali aniqlanadi:

$$\text{quvurli elektrofildrlar uchun} \dots\dots\dots f = \frac{2L}{vR}$$

$$\text{plastinkali elektrofildrlar uchun} \dots\dots\dots f = \frac{L}{vH}$$

olti qirrali cho'ktiruvchi elektrodli

$$\text{elektrofildrlar uchun} \dots\dots\dots f = \frac{LH}{vQ}$$

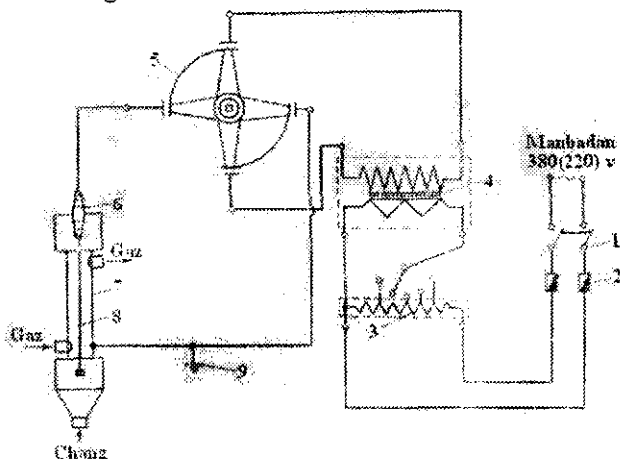
bu yerda: L – elektr maydoni uzunligi, m; v – elektrofildrdagi gazning tezligi, m/sek; R – quvur radiusi, m; H – cho'ktiruvchi va tojsimon elektrodlar orasidagi masofa, m; S – cho'ktiruvchi elektrodning faol perimetri (uning geometrik shakliga bog'liq), m; Q – cho'ktiruvchi elektrod ko'ndalang kesimining yuzasi, m².

Elektr o'tkazuvchi va elektr o'tkazmaydigan chang zarrachalari tegishli elektrodlarda cho'kishida o'zining zaryadini berib (yoki ularni qabul qilib), odatda bir xilda yaxshi cho'kadi. Lekin ayrim moddalarning (masalan, rux oksidning) changi elektr zaryadini juda ham yomon qabul qiladi. Cho'ktiruvchi elektrodlarda elektr o'tkazmaydigan changlar qatlamining hosil bo'lishi tozalash jarayoni sharoitini yomonlashtiradi, chunki elektrodga o'tirib qoladigan changning mustahkam elektroizolyatsiya qatlami yangi cho'kkan chang zarrachasining zaryadsizlanishiga to'sqinlik qiladi. Bundan tashqari, tojsimon elektrodda

chang qatlamining o'tirib qolishi ularning diametrini oshiradi va natijada toj hosil bo'lish sharoitini yomonlashtiradi, shunga bog'liq holda elektrodlardan changni doimo tozalab turish lozim bo'ladi.

Elektrofiltrga kiradigan gazning changlilikgi (changlanishning ma'lum chegarasigacha) uning elektrofiltrda tozalanish darajasiga bog'liq emas. Ammo gazdagi changning miqdori juda ham ko'p bo'lsa va ayniqsa elektrofiltrda gaz oqimi katta tezlikda bo'lgan holatda gazning tozalanishi yomonlashadi.

Gazni elektrik tozalash uchun qurilma manbasining prinsipial tasviri 3.17-rasmda keltirilgan.

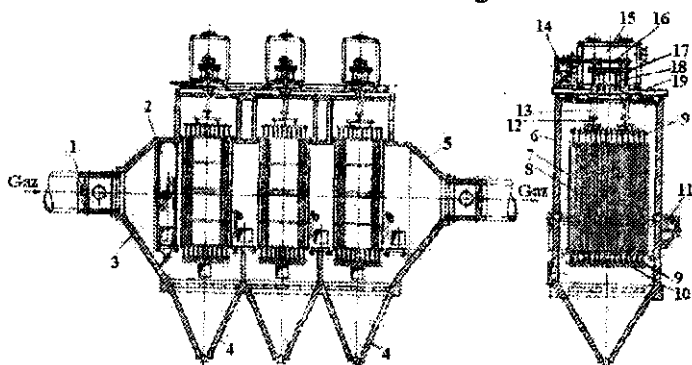


3.17-rasm. Elektrofiltrlar manbasining prinsipial elektrik tizimining tasviri:

1 – elektr ulab-uzgich; 2 – elektr saqlagich; 3 – kuchlanishni boshqargich; 4 – kuchaytiruvchi transformator; 5 – voltli to'g'rilagich; 6 – muhofazalagich (izolyator); 7 – cho'ktiruvchi elektrod; 8 – tojsimon elektrod; 9 – yerga uzatgich.

Elektrik tozalash qurilma manbasi uchun yuqori kuchlanishli tokning maxsus to'g'rilagichda to'g'rilash yo'li bilan hosil qilinadigan doimiy tok kerak bo'ladi. Tarmoqdagi kuchlanish (220-380 v) transformator (4) orqali 80-100 ming voltgacha oshiriladi, so'ngra yuqori kuchlanishli o'zgaruvchan tok yuqori voltli to'g'rilagichga (5) uzatiladi, bu yerdan to'g'rilangan (doimiy) tok elektrofiltrga o'tadi. Tojsimon elektrodlar (8) to'g'rilagichning (5) manfiy manbasiga ulanadi, cho'ktiruvchi elektrodlar esa to'g'rilagichning musbat manbasi sifatida yerga ulanadi. Shunday qilib, elektrofiltrning elektrodlarida kuchlanishni moslashtirish orqali ular orasida kuchli elektr maydoni hosil qilinadi.

Gazlarni kuyundi changlaridan elektrik tozalash uchun asosan plastinkali (to'rtli) cho'ktiruvchi elektrodli elektrofiltrlar qo'llaniladi. Keyingi yillarda ko'pincha OG-3 (kuyundili uch taxmonli) va OG-4 turidagi ko'p taxmonli elektrofiltrlardan foydalanish keng tarqalgan. Uch taxmonli elektrofiltr tasviri 3.18-rasmda keltirilgan.



3.18-rasm. Gorizontol holatdagi quruq uch taxmonli plastinkali elektrofiltr konstruksiyasining tasviri:

1 – droselli klapan; 2 – chayqalib turuvchi gaz taqsimlagich to'r; 3 – diffuzor (jihozning bosim oshadigan qismi); 4 – bunkerlar; 5 – konfuzor; 6 – elektrofiltr korpusi; 7 – cho'ktiruvchi elektrod; 8 – tojsimon elektrod; 9 – tojsimon elektrodlarning ustki va ostki ramalari; 10 – yuklar; 11 – cho'ktiruvchi elektrodni chayqatish mexanizmining elektr harakatlantirgichi; 12 – tojsimon elektrod yuqori ramasining osmasi; 13 – kvarsli quvurlar; 14 – tojsimon elektrodni chayqatish mexanizmining elektr harakatlantirgichi; 15 – muhofaza (izolyator) qutisi; 16 – cho'ktiruvchi elektrodni chayqatish mexanizmi; 17 – tik tayanchga tayanadigan ko'ndalang balka (traversa, to'sin); 18 – izolyatorlar tayanchi; 19 – kvarsli voronkalar.

Elektrofiltr korpusi (6) tashqi qismi issiqlik yo'qolishidan muhofazalangan (izolyatsiyalangan) o'tga chidamli betondan yoki po'latdan tayyorlangan. Elektrofiltrning ichki kamerasida cho'ktiruvchi elektrodlar (7) bilan tojsimon elektrodlar (8) orasidan iborat uchta cho'ktiruvchi qurilma – maydon joylashgan. Cho'ktiruvchi elektrodlar po'lat ramaga tortilgan 3 mm diametrli po'lat simdan to'qilgan to'r ko'rinishida bo'ladi. Har bir kamerada bir necha to'r bir-biridan 250 mm masofada ajratilgan holda o'rnatilgan. Setkalar orasida 2 mm diametrli nixrom simidan tayyorlangan bir necha tojsimon elektrodlar tortilgan; bu elektrodlar orasidagi masofa ham 250 mm bo'ladi. Elektrofiltrning barcha metall detallari, shu jumladan cho'ktiruvchi elektrodlar, yerga ulangan bo'ladi.

Tojsimon elektrodlar – kvarsli quvurlar (13) bilan muhofaza qilinadigan, osмага (12) birlashtirilgan ustki ramaga (9) mahkamlangan

bo'ladi. Unga o'tirib qolgan changlar maxsus mexanizm (16) bilan chayqatish orqali tushiriladi; cho'ktiruvchi elektrodlarni chayqatish boshqa mexanizm – elektr harakatlantirgich (11) bilan amalga oshiriladi. Elektrodlarni chayqatish natijasida ularda o'tirib qolgan changni bunker 4 ga tushiradi, u yerdan davriy yoki uzluksiz suratda chiqarib turiladi. Tozalangan gaz elektrofiltrda gorizonta'l tarzda, birin-ketin barcha cho'ktiruvchi qurilmalardan o'tgan holda harakatlanadi; ularning har biri mohiyati bo'yicha, alohida elektrofiltrlar hisoblanadi.

Elektrofiltrning unumdorligi gaz o'tadigan kamera ko'ndalang kesimining yuzasi bilan aniqlanadi, bu yuzaning kattaligi elektrofiltr turini belgilashda ko'rsatiladi. Masalan, OG-3-8 kuyundi elektrofiltri uchta maydon va 8 m^2 gaz o'tish yuzasiga ega bo'ladi. Mamlakatimizda ishlatilayotgan elektrofiltrlar kameraning ko'ndalang kesimining yuzasi 30 m^2 gacha yetadi (OG-3-8, OG-3-15, OG-3-20, OG-3-30).

Kuyundi elektrofiltridagi gazning harorati 275°C dan kam, 500°C dan yuqori bo'lmazligi lozimdir. 275°C dan past haroratda sulfat kislotaning kondensatsiyasi kuzatiladi (chunki kuyundi gazi tarkibida doimo ma'lum miqdordagi SO_3 va suv bug'i bo'ladi), bu esa kamera detallarining korroziyalanishiga olib keladi. 500°C dan yuqori haroratda esa elektrofiltrning ichki metall detallarining deformatsiyalanishi kuzatiladi.

Mexanik pechlardan va chang holatida kuydirish pechlaridan chiqadigan gaz oqimining tezligi $0,7\text{--}1,2 \text{ m/s}$ bo'lganda OG-3 turidagi elektrofiltrlarda changdan 100 mg/m^3 gacha, qaynovchi qatlam pechlaridan chiqadigan gazlar esa $100\text{--}200 \text{ mg/m}^3$ gacha tozalanadi. Gazlarni tarkibida $50\text{--}100 \text{ mg/m}^3$ chang qolgungacha juda yaxshi tozalash uchun OG-4-8 va OG-4-16 turidagi to'rt taxmonli elektrofiltrlar ishlatiladi.

Misol. OG-3-8 turidagi elektrofiltrda qaynovchi qatlam pechida hosil bo'ladigan kuyundi gazini changdan tozalanish darajasini va elektrofiltrdan chiqadigan gaz tarkibidagi chang miqdori z_k ni hisoblang. Hisoblarni amalga oshirish uchun quyidagi ma'lumotlar keltirilgan (hisobda gazlarning hajmini normal sharoitga keltirilgan deb hisoblang):

Gazning harorati, $^\circ\text{C}$	400					
Gazning qovushqoqligi μ , $\text{g}/(\text{sm}\cdot\text{sek})$	$3,3\cdot 10^{-4}$					
Elektrofiltrga kiradigan gaz						
tezligi z_0 , m/s	20					
Chang zarrachasining o'rtacha radiusi						
r , mk	2,5	7,5	15	20	30	40
Fraksiyalik tarkibi F , %	20	20	10	10	20	20

Elektrofiltrdagi gaz tezligi	
v , m/sek	0,5
Tojsimon va cho'ktiruvchi elektrodlar	
tekisliklari orasidagi masofa N , m	0,125
Elektr maydoni uzunligi L , m	7,2
Elektr maydonining o'rtacha kuchlanganligi	
E , v/sm:	
v/sm	1500
el.o't.birl.	5

Qaynovchi qatlamda kolchedanni kuydirish uchun pech hisobi

Boshlang'ich ma'lumotlar:

1. 45% li kolchedan hisobidagi sharoit uchun pech unumdorligi (kg/sutka hisobida)	200000
2. Ishlatiladigan xomashyo – quruq kolchedan hisobidagi tarkibida 42,4% S bo'lgan flotatsiyalangan xomashyo	3
3. Kolchedan namligi (% hisobida)	3
4. Tashqi havonining o'rtacha yillik harorati ($^{\circ}\text{C}$)	25
5. Havo namligi (% hisobida)	75
6. Quruq kuyundi gazidagi SO_2 konsentratsiyasi (hajmiy %)	13,6
7. Quruq kuyundi gazidagi SO_3 konsentratsiyasi (hajmiy %)	0,1
8. Chang va kuyundidagi oltingugurt miqdori (% hisobida)	0,7
9. Kiradigan kolchedan harorati ($^{\circ}\text{C}$)	15
10. Qaynovchi qatlam harorati ($^{\circ}\text{C}$)	830
11. Gazlarning pechdan chiqishdagi harorati ($^{\circ}\text{C}$)	820
12. Kuyundini pechdan chiqarib olishdagi harorati ($^{\circ}\text{C}$)	820

Moddiy va issiqlik hisoblarini amalga oshirishda pastki va yuqorida ko'rsatilgan indekslarini ko'rsatkichlari keltirilgan. Chapdagi yuqori indekslar:

- 1 – shartli 45% li kolchedan;
- 2 – nam kolchedan;
- 3 – quruq kolchedan;
- 4 – havo;
- 5 – quruq kuyundi gazidagi sulfat angidrid;
- 6 – quruq kuyundi gazidagi sulfat angidrid;
- 7 – quruq kuyundi gaz;
- 8 – nam kuyundi gaz;
- 9 – kuyundi gazidagi chang;
- 10 – chiqarish quvuri orqali yo'qotiladigan kuyundi;
- 11 – atrof-muhitga yo'qotiladigan issiqlik;
- 12 – sovitish elementlari bilan chiqarib olinadigan issiqlik.

O'ngdagi pastki indeks qaysidir qismning ko'rilayotganligini ifodalaydi. Bunday indeksning bo'lmasligi chapdagi yuqori indeks bilan aniqlanadiganlarning barchasini ifodalaydi. Masalan, m – nam havo massasi, m_{O_2} – havodagi kislorod massasi.

Moddiy hisob:

1) Qurug kolchedan sarfi

$$^3m = \frac{^1m \cdot ^2c_S}{^2c_S} = \frac{200000 \cdot 45}{42,5} = 212000 \text{ kg/sutka yoki } 8844 \text{ kg/soat}$$

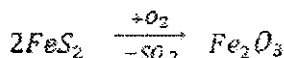
2) Nam kolchedan sarfi

$$^2m = \frac{^3m \cdot 100}{100 - ^2c_{H_2O}} = \frac{8844 \cdot 100}{100 - 3} = 9118 \text{ kg/soat}$$

3) Kolchedandagi oltingugurt miqdori

$$^2m_S = ^3m_S = \frac{^3m \cdot ^3c_S}{100} = \frac{8844 \cdot 42,4}{100} = 3750 \text{ kg/soat}$$

4) Kuyyundi va changning umumiy miqdorini qaynovchi qatlam sharoitida



sxema bo'yicha kuyundi hosil bo'lishiga muvofiq hisoblaymiz. Bu holda 1 kg kolchedandan hosil bo'ladigan kuyundi unumi:

$$x = \frac{160 - ^3c_S}{160 - ^9c_S} = \frac{160 - 42,4}{160 - 0,7} = 0,738 \text{ kg/kg}$$

formula bo'yicha aniqlanishi mumkin. Bundan kuyundi va changning umumiy unumi:

$$^9m + ^{10}m = ^3m \cdot x = 8844 \cdot 0,738 = 6527 \text{ kg/soat}$$

bo'lishini topamiz.

5) Kuyundi bilan yo'qotiladigan oltingugurt:

$$^9m_S + ^{10}m = \frac{(^9m_S + ^{10}m) \cdot ^9c_S}{100} = \frac{6527 \cdot 0,7}{100} = 46 \text{ kg/soat}$$

6) Kolchedan oltingugurtining SO₂ va SO₃ hosil qilishi bilan yonishi:

$$^5m_S + ^6m = ^2m_S - (^9m + ^{10}m) = 3750 - 46 = 3704 \text{ kg/soat}$$

7) Hajm bo'yicha hosil bo'ladigan SO₂ va SO₃:

$$^8v_S + ^6v = \frac{(^5m_S + ^6m) \cdot V_{SO_2}}{A_S} = \frac{3704 \cdot 21,895}{32,066} = 2530 \text{ nm}^3/\text{soat}$$

bu yerda: V_{SO_2} – SO₂ ning molyar hajmi, nm³/kmol; A_c – oltingugurtning nisbiy atom massasi, kg/kg-atom.

8) hosil bo'ladigan SO₃:

hajm bo'yicha:

$${}^6v = \frac{({}^5v + {}^6v) \cdot {}^7c_{SO_2}}{{}^7c_{SO_2} + {}^7c_{SO_3}} = \frac{2530 \cdot 0,1}{13,6 + 0,1} = 18,5 \text{ nm}^3/\text{soat}$$

massa bo'yicha:

$${}^6m = \frac{18,5 \cdot 80,066}{22,416} = 66 \text{ kg/soat.}$$

bu yerda: 22,416 – SO₃ ning normal sharoitdagi molyar hajmi, nm³/kmol.

Bunday miqdordagi SO₃ da:

$${}^6m = \frac{{}^6v \cdot A_S}{V_{SO_3}} = \frac{18,5 \cdot 32,066}{22,416} = 26 \text{ kg/soat oltingugurt bo'ladi.}$$

bu yerda: 22,416 – SO₃ ning molyar hajmi (shartli), nm³/kmol.

9) SO₂ hosil bo'lishiga ishlatiladigan oltingugurt:

$${}^5m_S = ({}^5m_S + {}^6m_S) - {}^6m_S = 3704 - 26 = 3678 \text{ kg/soat.}$$

10) Bunda SO₂ hosil bo'ladi:

$${}^5m = \frac{{}^5m_S \cdot M_{SO_2}}{A_S} = \frac{3678 \cdot 64,066}{32,066} = 7348 \text{ kg/soat,}$$

$${}^5v = \frac{7348}{2,927} = 2511 \text{ nm}^3/\text{soat,}$$

bu yerda: 22,416 – SO₂ ning molyar massasi, kg/kmol, 2,927 – SO₂ ning zichligi, kg/nm³.

11) Hosil qilinadigan quruq kuyundi gazining hajmi:

$${}^7v = \frac{{}^5v \cdot 100}{{}^7c_{SO_2}} = \frac{2511 \cdot 100}{13,6} = 18466 \text{ nm}^3/\text{soat.}$$

12) Kuyundi gazidagi kislorod konsentratsiyasi. Kuyundi gazidagi kislorod konsentratsiyasiga bog'liq formulaga quyidagi parametrlarni kiritamiz: a) beriladigan gazdagi kislorod konsentratsiyasi, b) kuyundi gazidagi SO₂ va SO₃ konsentratsiyasi, v) sarflangan kislorod mol sonini hosil bo'ladigan SO₂ va SO₃ mol soniga stexiometrik nisbati. Bu kattaliklarni formulaga kiritishda shuni nazarda tutish kerakki. O₂, SO₂ va SO₃ larning real molyar hajmi bir-biriga teng bo'lmaydi.

Belgilab olamiz: n – quruq gazdagi O₂ konsentratsiyasi, hajmiy %; P_{SO₂} – sarflangan kislorod mol sonini hosil bo'ladigan SO₂ soniga stexiometrik nisbati; P_{SO₃} – sarflangan kislorod mol sonini hosil

bo'ladigan SO_3 soniga stexiometrik nisbati; $K_{\text{SO}_2} = \frac{V_{\text{O}_2}}{V_{\text{SO}_2}} - \text{O}_2$ va

SO_2 molyar hajmlari nisbati; $K_{\text{SO}_3} = \frac{V_{\text{O}_2}}{V_{\text{SO}_3}} - \text{O}_2$ va SO_3 molyar

hajmlari nisbati.

100 hajm quruq kuyundi gazi hosil bo'lishida:

$$100 - {}^7c_{\text{SO}_2} + P_{\text{SO}_2} \cdot K_{\text{SO}_2} \cdot {}^7c_{\text{SO}_2} - {}^7c_{\text{SO}_3} + P_{\text{SO}_3} \cdot K_{\text{SO}_3} \cdot {}^7c_{\text{SO}_3} = \\ = 100 + (P_{\text{SO}_2} \cdot K_{\text{SO}_2} - 1) \cdot {}^7c_{\text{SO}_2} + (P_{\text{SO}_3} \cdot K_{\text{SO}_3} - 1) \cdot {}^7c_{\text{SO}_3}$$

hajmdagi gaz chiqib ketadi, uning tarkibida:

$$\frac{n}{100} [100 + (P_{\text{SO}_2} \cdot K_{\text{SO}_2} - 1) \cdot {}^7c_{\text{SO}_2} + (P_{\text{SO}_3} \cdot K_{\text{SO}_3} - 1) \cdot {}^7c_{\text{SO}_3}]$$

hajm kislorod bo'ladi. Ko'rsatilgan miqdordan SO_2 va SO_3 hosil bo'lishiga:

$$P_{\text{SO}_2} \cdot K_{\text{SO}_2} \cdot {}^7c_{\text{SO}_2} + P_{\text{SO}_3} \cdot K_{\text{SO}_3} \cdot {}^7c_{\text{SO}_3}$$

hajm kislorod sarflanadi. Qoladigan kislorod 100 hajm kuyundi gazi tarkibida bo'ladi. Shuning uchun:

$${}^7c_{\text{SO}_2} = \frac{n}{100} [100 + (P_{\text{SO}_2} \cdot K_{\text{SO}_2} - 1) \cdot {}^7c_{\text{SO}_2} + (P_{\text{SO}_3} \cdot K_{\text{SO}_3} - 1) \cdot {}^7c_{\text{SO}_3}] - \\ - P_{\text{SO}_2} \cdot K_{\text{SO}_2} \cdot {}^7c_{\text{SO}_2} - P_{\text{SO}_3} \cdot K_{\text{SO}_3} \cdot {}^7c_{\text{SO}_3} = \\ n - \left[\left(1 - \frac{n}{100} \right) \cdot P_{\text{SO}_2} \cdot K_{\text{SO}_2} + \frac{n}{100} \right] \cdot {}^7c_{\text{SO}_2} \\ - \left[\left(1 - \frac{n}{100} \right) \cdot P_{\text{SO}_3} \cdot K_{\text{SO}_3} + \frac{n}{100} \right] \cdot {}^7c_{\text{SO}_3}$$

Formulani soddalashtirish uchun P_{SO_3} va P_{SO_2} orasidagi bog'liqlikni topamiz. Agar SO_2 va SO_3 lar hosil bo'lishida boshlang'ich qattiq moddalar va oxirgi qattiq mahsulotlar bir xil bo'lsa, 1 mol SO_3 hosil bo'lishida 1 mol SO_2 hosil bo'lishiga nisbatan 0,5 mol ko'p O_2 chiqib ketadi, ya'ni $P_{\text{SO}_3} = P_{\text{SO}_2} + 0,5$. Boshqa tomondan, agar SO_3 pechda SO_2 dan $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$ reaksiyaga muvofiq hosil bo'ladi deb qaralsa, bu holda $P_{\text{SO}_3} = P_{\text{SO}_2} + 0,5$ bo'ladi. K_{SO_2} va K_{SO_3} larning son qiymatini tegishli molyar hajmlardan topiladi:

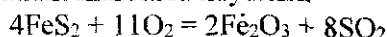
$$K_{\text{SO}_2} = \frac{V_{\text{O}_2}}{V_{\text{SO}_2}} = \frac{22,393}{21,895} = 1,023 \text{ va } K_{\text{SO}_3} = \frac{V_{\text{O}_2}}{V_{\text{SO}_3}} = \frac{22,393}{22,416} = 0,999.$$

Kislorod bilan boyitilmagan odatdagi purkaladigan havo uchun n ning qiymati $^4c_{O_2} = 21\%$ ga teng. Keltirilgan tenglamaga bu qiymatni qo'yish orqali:

$$^7c_{O_2} = 21 - \left[\left(1 - \frac{21}{100} \right) \cdot P_{SO_2} \cdot 1,023 + \frac{21}{100} \right] \cdot ^7c_{SO_2} - \\ - \left[\left(1 - \frac{21}{100} \right) \cdot (P_{SO_3} + 0,5) \cdot 0,999 + \frac{21}{100} \right] \cdot ^7c_{SO_3} = 21 - \\ - (0,8079 \cdot P_{SO_2} + 0,21) \cdot ^7c_{SO_2} - (0,7892 \cdot P_{SO_2} + 0,605) \cdot ^7c_{SO_3}$$

hosil qilinadi.

Qaynovchi qatlam sharoitida kuydirish



tenglama bo'yicha sodir bo'ladi deb hisoblash mumkin. U holda:

$$P_{SO_2} = \frac{11}{8} = 1,375 \text{ bo'ladi.}$$

Nihoyat quruq kuyundi gazidagi kislorod konsentratsiyasini aniqlash uchun quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$^7c_{O_2} = 21 - 1,321 \cdot ^7c_{SO_2} - 1,691 \cdot ^7c_{SO_3}$$

$$^7c_{SO_2} = 13,6\% \text{ va } ^7c_{SO_3} = 0,1\% \text{ ekanligini bilgan holda:}$$

$$^7c_{O_2} = 21 - 1,321 \cdot 13,6 - 1,691 \cdot 0,1 = 2,87\% \text{ ni topamiz.}$$

Agar O_2 , SO_2 va SO_3 larning molyar hajmlari bir-biriga teng deb hisoblansa, $K_{SO_2} = K_{SO_3} = 1$ bo'lib, hisoblangan kislorod konsentratsiyasi 3,20% ni tashkil etadi, bu esa

$$\frac{(3,20 - 2,87) \cdot 100}{2,87} = 11,5\%$$

nisbiy xatolikka yo'l qo'yilishini ko'rsatadi.

- 13) Kuyundi gazidagi kislorod miqdori:

$$^7v_{O_2} = \frac{^7v \cdot ^7c_{O_2}}{100} = \frac{18466 \cdot 2,87}{100} = 530 \text{ nm}^3/\text{soat}$$

$$^7m_{O_2} = 530 \cdot 1,429 = 757 \text{ kg/soat ni tashkil etadi.}$$

- 14) Kuyundi gazidagi azot hajmi va massasi:

$$^7v_{N_2} = ^7v - (^7v_{SO_2} + ^7v_{SO_3} + ^7v_{O_2}) = \\ = 18466 - (2511 + 18,5 + 530,0) = 15406 \text{ nm}^3/\text{soat,}$$

$$^7m_{N_2} = 15406 \cdot 1,257 = 19362 \text{ kg/soat bo'ladi.}$$

Bu yerda: 1,257 – azotning (azot va argon) zichligi.

- 15) Kuydirishdagi quruq havo sarfi:

$$^6v_{\text{кв}} = \frac{^7v_{N_2} \cdot 100}{100 - ^4c_{O_2}} = \frac{15406 \cdot 100}{100 - 21} = 19502 \text{ nm}^3/\text{soat,}$$

$$19502 \cdot 1,257 = 21216 \text{ kg/soat.}$$

- 16) Havo bilan kiradigan namlik miqdori.

Ma'lumotnoma adabiyotlaridan olingan ma'lumotlar asosida 25°C va $\varphi=75\%$ uchun 1 kg quruq havoga to'g'ri keladigan namlik miqdorini topamiz: $d=3,6 \cdot 10^{-3} \text{ kg H}_2\text{O}$.

Bundan:

$${}^4m_{\text{H}_2\text{O}} = {}^4m_{\text{quruq}} \cdot d = 25216 \cdot 0,0036 = 91 \text{ kg/soat.}$$

- 17) Nam havo miqdori:

$${}^4m = {}^4m_{\text{quruq}} + {}^4m_{\text{H}_2\text{O}} = 25216 + 91 = 25307 \text{ kg/soat,}$$

$$19502 + \frac{91}{0,804} = 19615 \text{ nm}^3/\text{soat,}$$

bu yerda: 0,804 – normal sharoitdagi suv bug'ining zichligi, kg/nm^3 .

- 18) Kuyundi gazidagi suv bug'i miqdori:

$${}^8m_{\text{H}_2\text{O}} = {}^2m_{\text{H}_2\text{O}} + {}^4m_{\text{H}_2\text{O}} = (9118 - 8844) + 91 = 365 \text{ kg/soat.}$$

$$\frac{365}{0,804} = 454,0 \text{ nm}^3/\text{soat.}$$

- 19) Kuyundi gazining umumiy miqdori:

$${}^8m = {}^5m + {}^6m + {}^7m_{\text{O}_2} + {}^7m_{\text{N}_2} + {}^8m_{\text{H}_2\text{O}} =$$

$$= 7348 + 66 + 757 + 19362 + 365 = 27898 \text{ kg/soat.}$$

- 20) Gaz bilan chiqib ketadigan chang miqdori va chiqarish quvuri orqali yo'qotiladigan kuyundining yirik zarrachalari miqdori. Kuyundining umumiy miqdoriga nisbatan 90% yo'qotiladi deb hisoblaymiz:

- a) gaz bilan chiqib ketadigan chang miqdori:

$${}^9m = ({}^5m + {}^{10}m) \cdot \frac{90}{100} = 6527 \cdot \frac{90}{100} = 5874 \text{ kg/soat;}$$

- b) chiqarish quvuri orqali yo'qotiladigan kuyundining yirik zarrachalari miqdori:

$${}^{10}m = ({}^9m + {}^{10}m) - {}^9m = 6527 - 5874 = 653 \text{ kg/soat.}$$

Qaynovchi qatlamda kolchedanni kuydirish pechi moddiy balansi

Kirim		Chiqim			
bo'lim	kg/soat	bo'lim	kg/soat	nm ³ /soat	hajm bo'yicha %
Nam kolchedan:		Kuyundi gazi:			
quruq		sulfat			
kolchedan	8844	angidrid	66	18,5	0,10
kolchedan		Sulfit			
namligi	274	angidrid	7348	2511	13,27
Jami:	9118	kislorod	757	530,0	2,80

		azot	19392	15406	81,43
		suv bug'i	365	454,0	2,40
		Jami:	27898	18919,5	100,0
Nam havo:		Kuyondi:			
quruq havo	25216	gaz bilan chiqadi-gan chang	5874	—	—
havo namligi	91	yirik kuyondi	653	—	—
Jami:	25307	Jami:	6527	—	—
Hammasi:	34425	Hammasi:	34425	18920	—

Issiqlik hisobi.

Issiqlik kirimi.

1) SO_2 hosil bo'lish reaksiya issiqligi. SO_2 hosil bo'lish reaksiyasi issiqlik effektini standart entalpiya bo'yicha topamiz:

$$\Delta H_{\text{FeS}_2} = -177,40 \text{ kJ/mol}; \Delta H_{\text{O}_2} = 0;$$

$$\Delta H_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = -821,32 \text{ kJ/mol}; \Delta H_{\text{SO}_2} = -296,90 \text{ kJ/mol}.$$

$4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$ reaksiyasi uchun:

$$q_1 = -\Delta H_1 = -(2\Delta H_{\text{Fe}_2\text{O}_3} + 8\Delta H_{\text{SO}_2} - 4\Delta H_{\text{FeS}_2} - 11\Delta H_{\text{O}_2}).$$

$$q_1 = -(-2 \cdot 821,32 - 8 \cdot 296,90 + 4 \cdot 177,40 + 11 \cdot 0) =$$

$$-(-3308,24) = 3308$$

kJ,

bu yerda: q_1 – reaksiya issiqlik effekti, kJ;

ΔH_1 – entalpiya o'zgarishi, kJ.

Kolchedan yuqoridagi reaksiya bo'yicha yondirilganda har bir kilogramm yonadigan oltingugurt hisobidan ajraladigan issiqlik:

$$q_{\text{SO}_2} = \frac{q_1 \cdot 1000}{4 \cdot 2 \cdot A_r} = \frac{3308 \cdot 1000}{4 \cdot 2 \cdot 32,066} = 12900 \text{ kJ/kg oltingugurt bo'ladi.}$$

bu yerda: A_c – oltingugurtning atom massasi, kg/kg-atom.

5m_s kg oltingugurt yonganda:

$$^5Q = ^5m_s \cdot q_{\text{SO}_2} = 3678 \cdot 12900 = 47450000 \text{ kJ/soat issiqlik}$$

ajralib chiqadi,

bu yerda: 5Q – SO_2 hosil bo'lishida ajralib chiqadigan issiqlik miqdori, kJ/soat.

2) SO_2 hosil bo'lish reaksiya issiqligi. $\Delta H_{\text{SO}_2} = -395,20 \text{ kJ/mol}.$

$4\text{FeS}_2 + 15\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_3$ reaksiya uchun:

$$q_2 = -\Delta H_2 = -(2\Delta H_{\text{Fe}_2\text{O}_3} + 8\Delta H_{\text{SO}_3} - 4\Delta H_{\text{FeS}_2} - 15\Delta H_{\text{O}_2}).$$

$$q_1 = -(-2 \cdot 821,32 - 8 \cdot 395,20 + 4 \cdot 177,40 + 15 \cdot 0) =$$

$$-(-4094,64) = 4095$$

kJ,

bu yerda: q_2 – reaksiya issiqlik effekti, kJ; ΔH_2 – entalpiya o'zgarishi, kJ.

Kolchedan yuqoridagi reaksiya bo'yicha SO_2 gacha yondirilganda har bir kilogramm yonadigan oltingugurt hisobidan ajraladigan issiqlik (1 kg oltingugurt hisobiga):

$$q_{\text{SO}_2} = \frac{q_2 \cdot 1000}{4 \cdot 2 \cdot A_c} = \frac{4055 \cdot 1000}{4 \cdot 2 \cdot 32,066} = 16000 \text{ kJ/kg bo'ladi.}$$

6m_s kg oltingugurt yonganda:

$$^6Q = ^6m_s \cdot q_{\text{SO}_2} = 26 \cdot 16000 = 416000 \text{ kJ/soat issiqlik ajralib chiqadi.}$$

3) Havoning fizik issiqligi.

Ma'lumotnoma adabiyotlaridan olingan qiymatlar asosida 25°C va $\varphi=75\%$ uchun 1 kg quruq havoga to'g'ri keladigan entalpiyani topamiz: $i_h = 11,7 \text{ kJ/kg}$.

Bundan:

$$^4Q = i_h \cdot ^4m_{\text{quruq}} = 11,7 \cdot 25216 = 295000 \text{ kJ/soat.}$$

4) Quruq kolchedanning fizik issiqligi.

$$^3Q = ^3m \cdot ^3c \cdot ^2t = 8844 \cdot 0,54 \cdot 8 = 38200 \text{ kJ/soat,}$$

bu yerda: 0,54 – quruq kolchedan issiqlik sig'imi, kJ/kg·grad.

5) Kolchedan bilan kiradigan suvning fizik issiqligi.

$$^2Q - ^3Q = ^2m_{\text{H}_2\text{O}} \cdot ^2i_{\text{H}_2\text{O}} = (9118 - 8844) \cdot 33,66 = 9223 \text{ kJ/soat,}$$

bu yerda: $^2i_{\text{H}_2\text{O}} - 20^\circ\text{C}$ dagi suyuq suv entalpiyasi, kJ/kg.

6) Nam kolchedan fizik issiqligi.

$$^2Q = ^3Q + (^2Q - ^3Q) = 38200 + 9223 = 47423 \text{ kJ/soat.}$$

7) Issiqlikning umumiy kirimi.

$$Q_{\text{kirim}} = ^5Q + ^6Q + ^4Q + ^2Q = 47450000 + 416000 + 295000 + 47423 = 48208423 \text{ kJ/soatni tashkil etadi,}$$

bu yerda: Q_{kirim} – kiradigan issiqlikning umumiy miqdori, kJ/soat.

Issiqlik sarfi.

1) Nam kuyundi gazi fizik issiqligi:

$$^5Q = (^8m_{\text{SO}_2} \cdot ^8c_{\text{SO}_2} + ^8m_{\text{SO}_3} \cdot ^8c_{\text{SO}_3} +$$

$$+ {}^8m_{O_2} \cdot {}^8c_{O_2} + {}^8m_{N_2} \cdot {}^8c_{N_2}) \cdot {}^8t + {}^8m_{H_2O} \cdot {}^8i_{H_2O}.$$

$${}^5Q = (7348 \cdot 0,768 + 66 \cdot 0,887 + 757 \cdot 1,019 + 19362 \cdot 1,102) \cdot 820 + 365 \cdot 4204 = 24339000 \text{ kJ/kg}.$$

- 2) Gazdagi chang fizik issiqligi. Kuyundining o'rtacha issiqlik sig'imini quyidagi tenglama bo'yicha ifodalanishi mumkin:

$${}^9\bar{c} = {}^{10}\bar{c} = 0,6096 + 0,000788 \cdot t \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}.$$

Bu yerdan ${}^8t = 820^\circ\text{C}$ uchun:

$${}^9\bar{c} = 0,6096 + 0,000788 \cdot 820 = 1,256 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}.$$

$${}^9Q = {}^9m \cdot {}^9\bar{c} \cdot {}^8t = 5874 \cdot 1,256 \cdot 820 = 6050000 \text{ kJ/soat},$$

bu yerda: 9Q – gazdagi chang fizik issiqligi, kJ/soat.

- 3) Changli kuyundi gazi fizik issiqligi:

$${}^8Q + {}^9Q = 24339000 + 6050000 = 30389000 \text{ kJ/soat}.$$

- 4) Chiqarish quvuri orqali yo'qotiladigan kuyundining yirik zarrachalari fizik issiqligi:

$${}^{10}Q = {}^{10}m \cdot {}^{10}\bar{c} \cdot {}^{10}t = 653 \cdot 1,256 \cdot 820 = 673000 \text{ kJ/soat}$$

- 5) Atrof-muhitga yo'qotiladigan issiqlik. Atrof-muhitga yo'qotiladigan issiqlikni issiqlik kirimining 3% ga teng deb olamiz. Bunda:

$${}^{11}Q = Q_{\text{kirim}} \cdot 0,03 = 48208423 \cdot 0,03 = 1446300 \text{ kJ/soat}.$$

- 6) Qaynovchi qatlamdan chiqarib olinadigan issiqlik. Bu issiqlik kirim va chiqimlar farqi bo'yicha topiladi:

$${}^{12}Q = Q_{\text{kirim}} - ({}^8Q + {}^9Q + {}^{10}Q + {}^{11}Q),$$

$$48208423 - (30389000 + 673000 + 1446300) = 15700123 \text{ kJ/soat}.$$

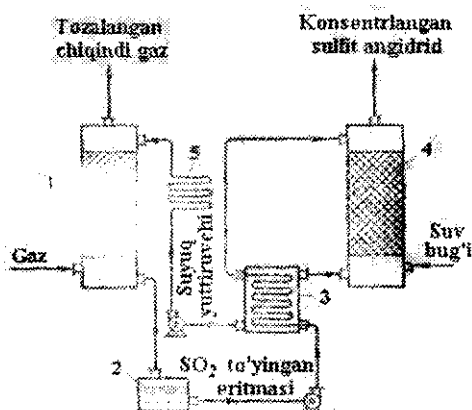
Qaynovchi qatlamda kolchedanni kuydirish pechi issiqlik balansi

Kirim			Chiqim		
bo'lim	kJ/soat	%	bo'lim	kJ/soat	%
Kolchedanni SO ₂ gacha yonishidan	47450000	98,43	Kuyundi gazi bilan	24339000	50,48
Kolchedanni SO ₃ gacha yonishidan	416000	0,86	Gazdagi chang bilan	6050000	12,55
Havo bilan	295000	0,61	Yirik kuyundi bilan	673000	1,39
Kolchedan bilan	47423	0,10	Bug' hosil bo'lishiga	15700123	32,58
Jami:	48208423	100,0	Atrof-muhitga yo'qotish	1446300	3,00
			Jami:	48208423	100,0

6-§. Konsentrlangan sulfit angidrid olish

Sulfit angidridni konsentrlashning suvli siklik usuli. Konsentrlangan gaz va suyuq holatdagi sulfit angidrid sanoatda sulfitlar olish uchun, yuvuvchi vositalar ishlab chiqarishda, sovutgichlar texnikasida va boshqa ishlab chiqarish tarmoqlarida ishlatiladi. Bunday maqsadlarda ishlatiladigan sulfit angidrid asosan chiqindi gazlaridan, qisman esa kolchedan va oltingugurt kuydirishda hosil bo'ladigan kuyundi gazlarini konsentrlanishidan olinadi.

Sulfit angidridni konsentrlashning bir necha usullari bo'lib, shulardan biri siklik usulda konsentrlashdir. Sulfit angidridni siklik usulda ajratib olish va konsentrlash tizimi 3.19-rasmda tasvirlangan.



3.19-rasm. Siklik usulda sulfit angidridni konsentrlash tizimining tasviri:

1 – absorbsiya minorasi; 2 – to'yingan yutiruvchi eritma yig'gichi; 3 – issiqlik almashtirgich; 4 – konsentrlangan sulfit angidridni ajratib olish uchun desorbsiya minorasi; 5 – sovutgich.

Tarkibida SO₂ tutgan gaz yutiruvchi eritma bilan suyuqlik taqsimlanadigan minora (1) orqali o'tadi. U yerda gazdan sulfit angidrid ajratib olinadi, shundan so'ng qolgan tozalangan (zararsizlantirilgan) gaz atmosferaga chiqarib yuboriladi. Sulfit angidrid bilan to'yingan yutiruvchi eritma issiqlik almashtirgich (3) jihozida minorada (4) SO₂ dan tozalangan eritmaning issiqligi bilan qizdiriladi. Shunday yo'l bilan qizdirilgan yutiruvchi eritma minoraga (4) suyuqlikni taqsimlashga yuboriladi, minoraning ostki qismidan esa qaynoq bug' beriladi. Minorada (4) eritmada ajraladigan sulfit angidrid u bilan minoradan birga chiqadigan

suv bug'idan quritish orqali tozalanadi. So'ngra konsentrlangan sulfit angidrid suyuqlantirish uchun siqiladi yoki to'g'ridan-to'g'ri gaz holatda ishlatiladi. SO_2 dan tozalangan eritma esa dastlab issiqlik almashtirgichda (3), so'ngra esa sovutgichda (5) sovutiladi va absorbsiyalash minorasiga (1) suyuqlikni taqsimlash uchun qaytariladi.

Agar 100% li sulfit angidrid talab etilmasa, SO_2 ni yuttiruvchi eritmada qizdirilgan havo oqimida haydash orqali ajratib olinadi, bu esa sulfit angidridni havo bilan suyulishiga olib keladi. Bu holda haydash nisbatan past haroratda, to'yingan va qayta tiklangan eritmalar orasida issiqlik almashinishsiz amalga oshiriladi.

Sanoatda qo'llaniladigan sulfit angidridning absorbentlari sifatida suv, soda eritmaları, ammoniy sulfit va bisulfitlar, asosli alyuminiy sulfat, natriy fosfat, ohak suti, ksilidin (suvli emulsiyasi) ishlatiladi.

Ishlatiladigan yuttiruvchi eritma SO_2 ga nisbatan katta absorbsiya xususiyatiga (sig'imiga) ega bo'lishi kerak. U nafaqat absorbent xossasiga, balki absorbsiya sharoiti: yuttirish amalga oshiriladigan harorat, keladigan gazdagi SO_2 ning miqdori, gazdan SO_2 ning ajralish darajasiga ham bog'liqdir. Har qanday absorbent sig'imi ushbu yuttiruvchidagi gaz eruvchanligining haroratga bog'liqligini aniqlab beradi. Agar SO_2 ning bir qismi absorbent bilan kimyoviy birikma hosil qilsa, yuttiruvchi eritma sig'imi to'yingan eritmadagi SO_2 ning umumiy miqdoridan kichik bo'ladi.

Sulfit angidridni yutuvchi eritma beriladigan gaz tarkibidagi qo'shimchalar ta'siriga kimyoviy barqaror bo'lishi lozim. Agar eritma bilan SO_2 ni absorbsiyalash jarayonida qo'shimcha mahsulotlar hosil bo'lsa, ularni eritmada yo'qotish kerak. Absorbent ustidagi uning bug' bosimi unchalik katta bo'lmasligi lozim, aks holda erituvchi bug'larini tutib qolish kerakligiga bog'liq holda SO_2 ning absorbsiyalanish jarayoni murakkablashadi.

Amalda SO_2 absorbsiyasi $24-45^\circ\text{C}$ haroratda o'tkaziladi. Sulfit angidridni haydashda haroratni ko'tarib boriladi va desorbsiya oxirigacha borishi uchun haroratni deyarli yuttiruvchi eritmaning qaynash haroratigacha yetkaziladi.

Sulfit angidridni konsentrlashning har qanday siklik usulining muhim ko'rsatkichi 1 t SO_2 ga sarflanadigan bug' hisoblanadi. Bu ko'rsatkich yuttiruvchi eritma sig'imiga, uning issiqlik sig'imiga, ushbu eritmada olingugurt dioksid erishining solishtirma issiqligiga hamda hosil qilingan konsentrlangan gazdagi SO_2 va suv bug'ining nisbatiga bog'liqdir.

Sulfit angidridni siklik usulda konsentrlashning sodda usuli – uni gazlardan suv bilan ajratib olishdir. Tarkibida SO_2 tutgan gazlar

aralashmasining suv bilan to'qnashuvida oltingugurt dioksid suvda sulfid kislota hosil qilishi bilan eriydi:



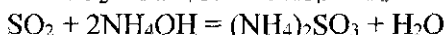
Eritma qizdirilganda sulfid kislota SO_2 ajratish bilan parchalanadi.

Absorbsiyalashga sarflanadigan suvning haqiqiy sarfi doimo nazariy hisobdagiga nisbatan ko'p bo'ladi, chunki muvozanatga yaqin sharoitda jarayon sekinlashadi (absorbsiyaning harakatlantiruvchi kuchi kamayadi).

SO_2 ning suvli eritmasi 100°C haroratgacha qizdirilganda sulfid angidrid eritmadan amalda to'la haydaladi va gazdan suv bug'lari kondensasiyalangandan so'ng deyarli 100% li sulfid angidrid olinadi.

Sulfid angidridni konsentrlashning suvli usulida, xuddi boshqa barcha suyuq yuttiruvchilar qo'llanilishi bilan amalga oshiriladigan siklik jarayonlardagi singari, desorbsiya minorasidan keladigan qayta tiklangan eritmaning issiqligidan issiqlik almashtirgichda (10.1-rasm) qanchalik to'la foydalanilsa, bug' sarfi ham shunchalik kam bo'ladi. Bu issiqlikdan foydalanish darajasi issiqlik almashinish yuzasining kattaligiga bog'liqdir. Lekin sulfid angidridni konsentrlashda suvni eng yaxshi yuttiruvchi deb hisoblab bo'lmaydi. Suvda SO_2 ning kam erishi tufayli uning ko'p miqdorda ishlatilishiga to'g'ri keladi, bu esa bug'ning ko'p miqdorda sarflanishiga olib keladi.

Sulfid angidridni konsentrlashning ammiakli siklik usuli. Sulfid angidridni konsentrlashning ammiakli siklik usuli sanoatda keng qo'llaniladi. Bu usulda SO_2 ammiakning suvli eritmasi (ammiakli suv) ga yutiriladi. SO_2 ning ammiak bilan suvli eritmada ta'sirlashishi natijasida ammoniy bisulfid va sulfidlar hosil bo'ladi:



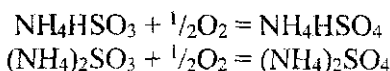
Bu tuzlar suvda yaxshi eriydi va shuning uchun yuttiruvchi eritmalaridagi SO_2 ning miqdori ancha yuqori bo'lishi mumkin. Ammiakli suvni sulfid angidrid bilan to'yintirilishidan olingan eritmada SO_2 ning 25°C haroratdagi muvozanat miqdori quyidagilarni tashkil etadi:

Keladigan gazdagi SO_2 miqdori,				
hajmiy %	7	3	1	0,25
Eritmadagi SO_2 ning muvozanat				
miqdori, g/l	630	625	615	580

Bu eritma qizdirilganda dastlab SO_2 , so'ngra SO_2 va NH_3 dan iborat aralashma, keyingi qizdirish natijasida esa – deyarli NH_3 haydaladi. Agar ammoniy sulfidlar eritmasi xattoki qaynash haroratigacha qizdirilganda ham eritma tarkibidagi faqat SO_2 haydaladi.

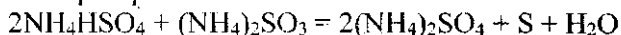
Shuning uchun bu eritmaning sig'imi uning SO₂ ga to'yinishida ham anchagina kichik bo'ladi.

Ammiakli usulning kamchiligi shundan iboratki, gazda kislorodning ishtirok etishi ammoniy sulfitlarining sulfatlarga oksidlanishiga olib keladi:



Oksidlanish tezligi katalitik ta'sir etuvchi temir, marganes va boshqalarning ishtirokida tezlashadi. Fenollar va ularning hosilalari esa, aksincha oksidlanish jarayonini sekinlashtiradi.

Ammoniy sulfitlari ham eritmada ammoniy sulfat va elementar oltingugurt hosil qilib parchalanishi mumkin:



Bu reaksiyaning borishi gaz bilan birga kiradigan selen va tellur ishtirokida sodir bo'lishi va eritmada oltingugurtning to'planishiga olib kelishi mumkin.

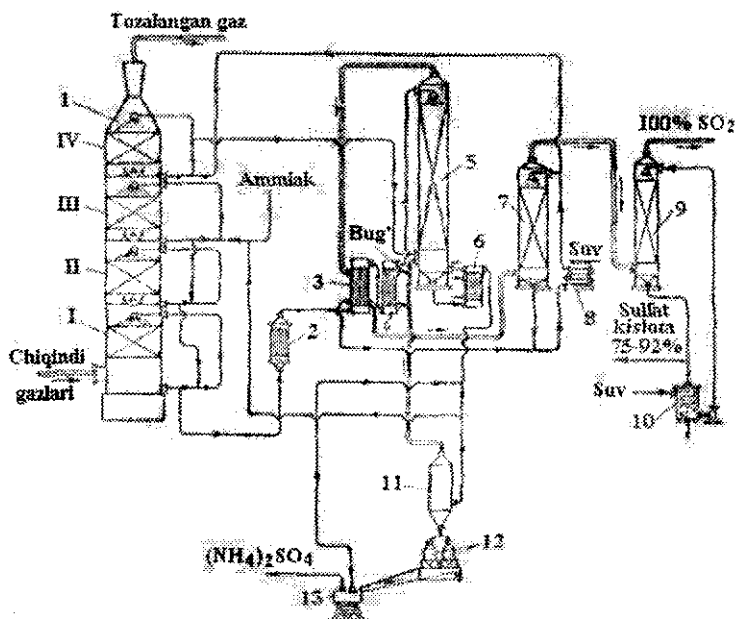
Suv-ammiakli eritmada ammoniy sulfit va bisulfitlarning eruvchanligi ammoniy sulfat ishtirokida kamayadi, buning natijasida esa eritma sig'imi ham amalda pasayadi. Eritmada ammoniy sulfatning ko'p miqdorda to'planishi oltingugurt dioksidning eritmaga absorbsiyalanishini yo'qotadi. Shuning uchun kristallantirish va eritmaga ammiak kiritish yo'li bilan hosil bo'ladigan ammoniy sulfatni eritmadan yo'qotib turish lozim bo'ladi.

3.20-rasmda siklik ammiakli usul bilan sulfit angidridni konsentrlashning texnologik tizimi tasvirlangan.

Tarkibida 0,3% SO₂ bo'lgan o'txona gazlari sovutilgandan va changdan tozalangandan so'ng to'rtta bo'linmadan iborat absorbsiya minorasiga (1) beriladi; pastki I-III-bo'linmalarda SO₂ ning yutilishi sodir bo'ladi; yuqoridagi IV-bo'linmada esa ammiak va tomchilar ushlab qolinadi.

Minoraning har bir bo'linmasiga suyuqlikni taqsimlash ma'lum konsentratsiyadagi eritmalar bilan amalga oshiriladi. III-bo'linmaga SO₂ haydab bo'lingandan keyin qoladigan qaytarilgan eritma keladi; bu eritmaga SO₂ ning yo'qolishini oldini olish maqsadida ammiak qo'shiladi. Yuttiruvchi eritma pastki I-bo'linmadan sulfit angidridni haydash uchun yuboriladi. Haydashdan oldin eritmani filtrlanadi va dastlab kondensatorda (3) [haydash minorasidan (5) keladigan gaz bilan], so'ngra qizdirgichda (5) (bug' bilan) qizdiriladi. Bu minorada haydalgan gaz kondensatorda (3) SO₂ desorbsiyasiga ketuvchi eritmani qizdiradi, so'ngra minorada (7)

sovutiladi, bu yerda sulfid angidrid suv bug'ining ko'p qismidan ajratiladi. Minoradan (7) oqib tushadigan suyuqlik suvli sovutgichda (8) sovutiladi, so'ngra uning bir qismi bu minoraga suyuqlikni taqsimlashga, qolgan qismi esa absorbsiya minorasining (1) IV-bo'linmasiga chiqindi gazlaridan ammiakni tutib qolish uchun beriladi. Sovutgich minoradan (7) chiqadigan sulfid angidrid minorada (9) sulfat kislota bilan quritiladi, shundan so'ng vakuum-nasos yordamida qayta ishlashga yoki siqish uchun yuboriladi.



3.20-rasm. Siklik ammiakli usul bilan sulfid angidridni konsentrlashning texnologik tizimi tasviri:

1 – absorbsiya minorasi (I-IV – minora bo'linmalari); 2 – filtr; 3 – kondensator; 4 – qizdirgich; 5 – desorbsiya (haydash) minorasi; 6 – qaynatgich; 7 – sovutgich minora; 8, 10 – sovutgichlar; 9 – quritish minorasi; 11 – bug'latgich jihozi; 12 – tuzlarni ajratgichlar; 13 – sentrifuga.

Absorbsiya tizimida to'planadigan ammoniy sulfatni undan chiqarib olish uchun minoradan (5) chiqadigan eritmaning bir qismi bug'latgich jihozga (11) uzatiladi, so'ngra jihoz (12) va sentrifugada (13) bug'latilgan eritmadan ammoniy sulfat ajratiladi.

Bug'latgich jihozda (11) ajraladigan bug' minoraga (5) yuboriladi.

3.11-jadvalda rangli metallurgiya chiqindi gazlari va o'txona gazlaridan SO₂ ni ammiakli siklik absorbsiyalash jarayonining asosiy ko'rsatkichlari keltirilgan.

3.11-jadval

Gazlardan SO₂ ni ammiakli siklik absorbsiyalash jarayonining asosiy ko'rsatkichlari

Ko'rsatkichlar	Rangli metallurgiya chiqindi gazlari	O'txona gazlari
Yutiruvchi eritma sig'imi, kg/m ³	40-50	30-40
1 t SO ₂ ga sarf:		
bug', mln kkal	2-3	4-6
elektroenergiya, kvt·s	100-120	500
suv, m ³	125	—
1 t SO ₂ ga qo'shimcha mahsulotlar, kg	50-60	150-200
1 t SO ₂ ga ammiakning yo'qolishi, kg	1-3	40
Gazdan SO ₂ ning ajralish darajasi, %	—	90

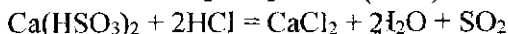
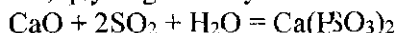
Sulfit angidridni konsentrlashning ksilidinli siklik usuli. Sanoatda SO₂ ni yuttirish uchun ksilidinli siklik usul ham ishlatiladi; bunda yuttiruvchi eritma vazifasini sulfit anigidrid bilan bir qator beqaror birikmalar hosil qiladigan ksilidin yoki dimetilaminobenzol (CH₃)₂C₆H₃NH₂ bajaradi. Ksilidin (molekulyar og'irligi 121,18) jigarrang suyuqlik bo'lib, 212-213°C haroratda qaynaydi va uning solishtirma og'irligi 0,98-0,997 g/sm³ ga tengdir. U oltita izomer hosil qiladi, ulardan 1,3-dimetil-4-aminobenzol (qaynash harorati 212°C) SO₂ ni eng yaxshi yuttiruvchi modda hisoblanadi.

Sulfit angidridni yuttirish uchun qo'llaniladigan ksilidinning suvli aralashmasi ikki: pastki – suvli; yuqori – ksilidinli qatlamlarga ajraladi. SO₂ ni yuttirishda ksilidin sulfit hosil bo'ladi, u muntazam suratda pastki qatlama o'tadi, suv esa yuqori qatlama aralashadi. SO₂ ni absorbsiyalash jarayonida (100 g/l gacha) yuttiruvchi eritma bir jinsli suvli eritmaga aylanadi. SO₂ haydalgach esa suv va ksilidin qatlamlari yana ajraladi.

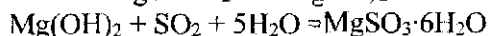
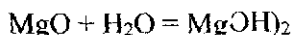
Ksilidin qo'llash orqali sulfit angidridni konsentrlash jarayonining texnologik tizimi yuqorida keltirilgan ammiakli siklik usulda SO₂ ni absorbsiyalash tizimidan deyarli farqlanmaydi.

Sulfit angidridni ajratib olishning boshqa usullari. Sulfit angidridni ajratib olishning boshqa usullariga ishqor-kislotali usulni ko'rsatish mumkin. Bu usulda SO₂ ishqor eritmasiga yuttiriladi va hosil

qilingan sulfitli eritmaga kuchli kislotalar qoʻshish orqali SO_2 ajratib olinadi. Bunda, masalan, quyidagi reaksiyalar sodir boʻladi:



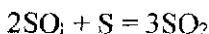
Sulfit ангидрид ajratib olishning magnitli siklik usuli anchagina takomillashgandır. Bu jarayonda MgO ning suvli suspenziyasi yuttiruvchi vazifasini oʻtaydi. Jarayonning birinchi bosqichida gazdan sulfit ангидридni yuttiruvchi suyuqlik bilan taqsimlanadigan oʻldirgichli minorada ajratib olinadi:



Suvda yomon eriydigan olti suvli magniy sulfat filtrlanadi va oʻtxona gazlari bilan $160-180^\circ\text{C}$ haroratda qaynovchi qatlamda quritiladi. Soʻngra quruq tuz yana oʻtxona gazlari bilan qayovchi qatlamda dastlab 500°C gacha, keyin esa $900-1000^\circ\text{C}$ haroratgacha qizdiriladi. Bu sharoitda magniy sulfit parchalanadi. Bunda MgO hosil boʻladi va sulfit ангидрид ajraladi. MgO sovutiladi va jarayonga qaytariladi. Shunday usul bilan tarkibida 20% atrofida SO_2 (qolgan 80% qismi oʻtxona gazlari) boʻlgan sulfit ангидридli gaz olinadi.

Toʻgʻridan-toʻgʻri sulfat kislota olish yoʻli bilan sulfit ангидридni ajratib olish usullari ham maʼlumdir. Buning uchun chiqindi gazlari changdan yaxshilab tozalanadi va temir yoki manganes sulfatlari (katalizatorlar) eritmaları yordamida qayta ishlanadi. Sulfit ангидридning oksidlanishi natijasida 25-30% li sulfat kislota hosil boʻladi. Bu usul kontakt usulida sulfat kislota ishlabchiqarishning chiqindi gazlaridan SO_2 ni ajratib olishga ham yaroqlidir, chunki bu sulfitli gazlar tarkibida muallaq qoʻshimchalar boʻlmaydi. Hosil boʻladigan past konsentratsiyali sulfat kislota eritmasi birinchi yuvsh minorasiga (bu jihoz bilan keyinroq tanishiladi) yuboriladi va tarkibida 60-70% H_2SO_4 boʻlguncha toʻyintiriladi.

Oltinugurt va sulfat ангидриддан sulfit ангидрид olish. Bu moddalardan sulfit ангидрид olish jarayoni shundan iboratki, bunda oltinugurt oleum bilan qayta ishlanadi. Oleumda erigan sulfat ангидрид oltinugurt bilan taʼsirlashadi:



Bu jarayonni kontaktli sulfat kislota sexida tashkil etish iqtisodiy samarador hisoblanadi, chunki tizimda aylanuvchi oleumdan foydalanish mumkin. Oleumdagi sulfat ангидридning bir qismi SO_2 hosil qilishga

sarflanadi, hosil qilingan past konsentratsiyali oleum oleumli absorber sikliga qaytariladi.

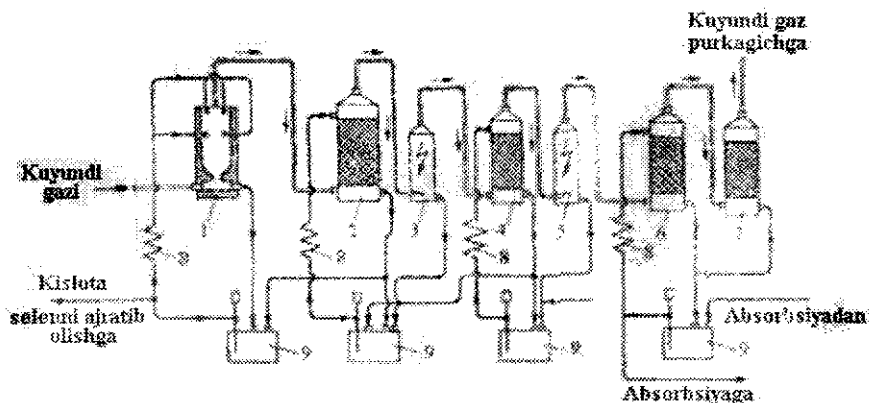
Oltिंगugurt va sulfat angidridning ta'sirlashuvi issiqlik almashtirgich o'rnatilgan qozon ko'rinishdagi reaktorda amalga oshiriladi, u yerga yuqori qismidan markaziy quvur orqali qattiq oltिंगugurt beriladi. Reaktorga tarkibida 30% SO_3 (erkin) bo'lgan va 100°C haroratgacha qizdirilgan oleum beriladi. Reaktordagi ta'sirlashuv jarayonida oleumning konsentratsiyasi 5-10% SO_3 gacha pasayadi. Hosil bo'ladigan SO_2 va oleumdan ajraladigan sulfat angidrid aralashmasi oltिंगugurt to'ldirilgan va birin-ketin joylashgan ikkita filtrdan o'tadi. U yerda gazlar aralashmasidagi sulfat angidrid oltिंगugurt bilan ta'sirlashadi. Sulfid angidrididan SO_3 qoldiqlarini to'la yo'qotish uchun gazni monogidrat suyuqligi bilan taqsimlanadigan to'ldirgichli ikkita absorberdan o'tkaziladi, so'ngra tomchi va kislotali tumanni yo'qotish uchun filtrlanadi hamda SO_2 siqish uchun kompreslanadi.

Sulfid angidridni siqish. Suyuq sulfid angidrid olish uchun gaz holatdagi konsentrlangan SO_2 quritilgandan so'ng kompressorlarda 3,3-4 bar (4 atm atrofida) bosim bilan siqiladi va muzlatgich-kondensatorda 20°C haroratgacha sovutiladi. Shunday qilib, siqilgan sulfid angidrid yig'gich-omborga keladi, u yerdan SO_2 ballonlarga yoki sisternalarga quyiladi. Kondensatorda siqilmagan bir qism sulfid angidrid azot va kislorod aralashmalari bilan konsentrlash uchun absorbsiya minorasi qurilmasiga qaytariladi yoki sulfat kislota, sulfidlar va boshqalar olish uchun ishlatiladi.

Sulfid angidridni siqish jarayonini, uni sulfat kislota bilan oldindan quritilmasdan ham amalga oshirilishi mumkin. Bunday jarayonni amalga oshirish uchun gazni bir necha bosqichda siqiladi. Dastlab bu gazdan suv bug'i kondensatlanadi, uni tizimdan chiqarib tashlanadi va so'ngra sulfid angidrid siqiladi.

Kuyundi gazini tozalash. Sulfat kislota ishlab chiqarish tizimining tozalash bo'linmasida gaz tarkibidagi kontakt jarayonida halal beradigan qo'shimchalar (chang, mishyak, ftor, suv bug'i va b.) dan tozalash va qimmatbaho qo'shimchalar (selen, tellur va b.) ni ajratib olish uchun tozalanadi. Gazlar aralashmasini changdan tozalash bilan batafsil tanishib chiqdik. Gazni boshqa qo'shimchalardan tozalash usullaridan biri bilan tanishamiz.

3.21-rasmda kolchedan bilan ishlaydigan kontaktli sulfat kislota zavodi tozalash bo'linmasining tasviri keltirilgan.



3.21-rasm. Tozalash bo'linmasining tasviri:

1 – birinchi yuvish minorasi; 2 – ikkinchi yuvish minorasi; 3 – birinchi nam elektrofiltr; 4 – namlash minorasi; 5 – ikkinchi nam elektrofiltr; 6 – quritish minorasi; 7 – tomchi ushlagich; 8 – kislota sovutgichlari; 9 – kislota yig'gichlari.

Changdan tozalangan kuyundi gaz 60-75% li sulfat kislota suyuqligi taqsimlanadigan birinchi yuvish minorasiga (1) beriladi. Bunda gaz soviydi, uning asosiy qo'shimchalari (SO_3 , As_2O_3 , SeO_2) esa tumanga aylanadi, ularning bir oz qismi bu minoradagi taqsimlanadigan kislotaga absorbsiyalanadi. So'ngra gaz 25-35% li sulfat kislota suyuqligi taqsimlanadigan ikkinchi yuvish minorasiga yuboriladi. Bu yerda gazning sovushi davom etadi va qo'shimcha oz miqdordagi tuman ajraladi. Uning asosiy qismi elektrofiltrlarning (3) birinchi bosqichida cho'ktiriladi va gazda oz miqdordagi tumanning mayda tomchilari qoladi.

Ikkinchi elektrofiltrlardagi (5) tumanning cho'kish sharoitini yaxshilash uchun gaz 5% li sulfat kislota suyuqligi taqsimlanadigan namlash minorasiga (4) beriladi. Bunda gazning nisbiy namligi ortadi va suv bug'ining absorbsiyalanishi natijasida tuman tomchilarining o'lchami kattalashadi. Tomchilar o'lchamining kattalashishi bilan ularning zaryadi ortadi va elektr maydonidagi harakat tezligi ortadi.

Tumandan tozalangan, ammo ko'p miqdordagi suv bug'i tutgan gaz 93-95% li sulfat kislota suyuqligi taqsimlanadigan quritish minorasiga (6) keladi. Bu minorada sulfat kislota suv bug'ini yutishi hisobiga suyuladi. Quritilgan gaz gaz purkagich quvur orqali boshqa jihozga yuboriladi. Minoraning yuqori qismidan gaz oqimi bilan birga chiqib ketadigan sulfat kislota tomchilari tomchi ushlagichda (7) gazdan ajratiladi.

Yuvish va namlash minoralariga taqsimlanadigan kislota qaynoq kuyundi gazi bilan qiziydi. Quritish minorasidagi kislota isishi esa suv bug'larini sulfat kislota absorbsiyasi natijasida ajraladigan issiqlik hisobiga sodir bo'ladi. Minoraga taqsimlanadigan kislota sovitish uchun sovitgichlar (8) o'rnatilgan bo'ladi.

Birinchi yuvish minorasida, shuningdek, selen va changning asosiy qismi cho'kadi, uning gazdagi qolgan qismi esa quruq elektrofiltrlardan o'tgandan so'ng tozalanadi. Bu chang taqsimlanuvchi kislota o'tadi va uni ifloslantiradi. Kislota bir qismi birinchi yuvish minorasidan so'ng shlam hosil qiluvchi selen va changni ajratib olishga yuboriladi.

Kuyundi gazi tarkibida ma'lum miqdordagi sulfat angidrid bo'lganligi sababli yuvish minorasiga taqsimlanadigan sulfat kislota konsentratsiyasi ortadi. Shuning uchun H_2SO_4 ning belgilangan konsentratsiyasini ushlab turish maqsadida, namlash minorasi yig'gichiga (9) uzluksiz suv berib turiladi. Bunda hosil bo'ladigan ortiqcha kislota ikkinchi yuvish minorasi yig'gichiga (9) o'tadi va bu minorani taqsimlanuvchi kislota konsentratsiyasi kerakli darajagacha pasayadi. Ikkinchi yuvish minorasidagi ortiqcha kislota esa birinchi yuvish minorasining yig'gichiga (9) o'tadi va u yerdagi kislota talab etilgan konsentratsiyada saqlab turadi. Keltirilgan sxema kuyundi gazi tarkibidagi sulfat angidridni to'la ushlab qolishni ta'minlaydi va yuvish minoralaridan 60-70% li sulfat kislota olish imkoniyatini yaratadi.

Nazorat uchun savollar

1. Oltingugurtli xomashyolarning yonish reaksiyalari qanday sodir bo'ladi?
2. Oltingugurtli xomashyolarning yonish issiqligi qanday hisoblanadi?
3. Oltingugurtli xomashyolarning kuydirish haroratini hisoblash yo'llarini ayting.
4. Oltingugurtli xomashyolarning yonish tezligi qanday bo'ladi?
5. Kuyundi gazlarining tarkibida qanday mahsulotlar bo'ladi?
6. Kuyundining miqdori va tarkibi qanday aniqlanadi?
7. Taxmonli mexanik pechning tuzilishi va ishlash tartibini tushuntiring.
8. Chang holatida kolchedanni kuydirish pechining tuzilishi va ishlash tartibini tushuntiring.
9. Qaynovchi qatlamda kuydirish pechining tuzilishi va ishlash tartibini tushuntiring.
10. Pechlarga kolchedanni tashlash qanday amalga oshiriladi?

11. Pechlardan kuyundini yo'qotish qanday amalga oshiriladi?
12. Kuyundidan qanday maqsadlarda foydalaniladi?
13. Hisoblarni amalga oshirish uchun ma'lumotlar qanday to'planadi?
14. Moddiy balans hisoblarini qanday amalga oshiriladi?
15. Ishlab chiqarishning moddiy balansi qanday tuziladi?
16. Issiqlik balans hisoblarini qanday amalga oshiriladi?
17. Ishlab chiqarishning issiqlik balansi qanday tuziladi?
18. Oltingugurtni yoqishda qanday pechlar ishlatiladi? Ularning ishlash tartibini tushuntiring.
19. Vodorod sulfidni yoqishda qanday pechlar ishlatiladi? Ularning ishlash tartibini tushuntiring.
20. Kuyundi gazlari issiqligidan qanday maqsadlarda foydalaniladi?
21. Kuyundi gazlari changdan nima maqsadda tozalanadi?
22. Gazlarni mexanik usulda tozalash jihozlarining mohiyatini tushuntiring.
23. Chang tutgich va siklonlar qanday tuzilgan va ularning ishlash prinsipini tushuntiring.
24. Tozalash koeffitsienti nima?
25. Elektrik usulda tozalashning mohiyatini tushuntiring.
26. Cho'ktiruvchi va tojsimon elektrodlar tuzilishi hamda vazifalarini ayting.
27. Toj maydoni deganda nimani tushunasiz?
28. Qanday elektrofiltr konstruksiyalarini bilasiz?
29. Sulfit angidrid nima maqsadda konsentrlanadi?
30. Sulfit angidridni siklik usulda konsentrlashning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.
31. Suvli siklik usulda sulfit angidridni konsentrlash jarayonini tushuntiring.
32. Sulfit angidridni ammiakli usulda konsentrlashning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.
33. Ammiakli usulda sulfit angidridni konsentrlash jarayonini tushuntiring.
34. Ksilidinli usulda sulfit angidridni konsentrlash jarayonini tushuntiring.
35. Oltingugurt va sulfat angidriddan sulfit angidrid olish usulini tushuntiring.
36. Sulfit angidridni ajratib olishning ishqor-kislotali usullarini bayon eting.
37. Sulfit angidrid qanday usullar bilan suyultiriladi.
38. Sulfit angidridni tozalash usulini tushuntiring.

IV-bob

SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISHNING KONTAKT USULI

1-§. Sulfit angidridni sulfat angidridga oksidlash

Katalizatorlar ishtirokida sulfit angidridni oksidlashning fizik-kimyoviy asoslari. Kontaktli usul bilan sulfat kislota ishlab chiqarishda sulfit angidridni oksidlash:



reaksiyasi bo'yicha katalizator ishtirokida amalga oshiriladi. Bu jarayon kontaktlanish deb ataladi. Tinch holatdagi kontakt massa qatlami yoki qaynovchi qatlamdagi katalizator orqali gaz o'tkazilganda gaz katalizator bilan bevosita to'qnashadi.

Turli xil metallar, ularning qotishmalari va oksidlari, ayrim tuzlar, shisha, chinni, gillar, tog' billuri kristallari hamda boshqa modda va materiallar sulfit angidrid oksidlanishini tezlashtirish xususiyatini namoyon etadi. Har bir katalizator ma'lum darajadagi, uning uchun xarakterli kontaktlanish foizini ta'minlaydi. Sanoat sharoitida nisbatan yuqori kontaktlanish foiziga erishishni ta'minlaydigan katalizatorlardan foydalanish qulaydir, chunki oksidlanmagan SO_2 qoldiqlari absorbsiya bo'linmasida ushlab qolinmaydi va u chiqindi gazlari bilan birgalikda atmosfera chiqib ketadi.

Uzoq vaqt ushbu jarayon uchun platina eng yaxshi katalizator deb hisoblab kelingan, u juda mayda maydalangan holatda tolali asbestga, silikagelga yoki magniy sulfatga aralashtirib ishlatilgan. Lekin platina juda qimmatbahodir, bundan tashqari, gaz tarkibida juda oz miqdordagi mishyak, selen, xlor va boshqa qo'shimchalarning bo'lishi uning katalitik faolligini juda kuchli darajada pasaytiradi. Shuning uchun platinali katalizator ishlatilganda kontakt zavodining murakkab asbob-uskunalar bilan jihozlanishi talab etiladi, tayyor mahsulot tannarxi esa katta bo'ladi.

Platinasiz katalizatorlar ichida yuqori katalitik faollikka ega bo'lgan vanadiyli katalizator esa platinali katalizatorga nisbatan ancha arzon va

zararli qo'shimchalar ta'sirida kam zaharlanadi. Respublikamizdagi sulfat kislota ishlab chiqarish zavodlarida asosan vanadiyli katalizator ishlatiladi. Sanoatda katalizator odatda kontakt massa (vanadiyli kontakt massa) deyiladi.

Sulfit angidridning oksidlanish reaksiyasi ekzotermikdir; uning issiqlik effekti, barcha kimyoviy reaksiyalardagi singari, haroratga bog'liqdir (4.1-jadval).

4.1-jadval

SO₂ ni SO₃ ga oksidlanish reaksiyasi issiqlik effektining haroratga bog'liqligi

(SI sistemasiga qayta hisoblash koeffitsienti: kkal/mol x 4,19 = kJ/mol)

Harorat, °C	Reaksiya issiqligi, kkal/mol	Harorat, °C	Reaksiya issiqligi, kkal/mol
25	22,939	500	22,506
100	22,975	550	22,399
200	22,949	600	22,285
300	22,879	650	22,165
400	22,698	700	22,039
450	22,606		

Texnik hisoblashlar uchun yetarlicha bo'lgan 400-700°C harorat intervalidagi bu reaksiyaning issiqlik effekti quyidagi formula bo'yicha hisoblanishi mumkin:

$$Q = 10142 - 9,26T \text{ j/mol (24205 - 2,21T kal/mol)}$$

Bu yerda: T – harorat, °K.

SO₂ ning SO₃ ga oksidlanish reaksiyasi qaytar jarayondir. Bu reaksiyaning muvozanat konstantasi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$K_p = \frac{p_{SO_3}}{p_{SO_2} p_{O_2}^{0.5}}$$

bu yerda: p_{SO_3} , p_{SO_2} , p_{O_2} – SO₃, SO₂ va O₂ larning muvozanatdagi parsial bosimlari, atm.

K_p kattaligi, shuningdek, haroratga bog'liqdir (4.2-jadval). Amaliy hisoblashlar uchun yetarlicha aniqlikdagi K_p qiymati 390-650°C harorat intervalida quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\lg K_p = \frac{4905,5}{T} - 4,6455$$

SO₂ ni SO₃ ga oksidlanish reaksiyasi muvozanat konstantasi K_p ning haroratga bog'liqligi

Harorat, °C	K_p	Harorat, °C	K_p
300	566	525	31,5
400	442,4	575	13,6
425	241,0	600	9,37
450	137,3	625	6,75
475	81,2	650	4,68
500	50,0		

Muvozanatdagi kontaktlanish darajasi. Kontaktlanish darajasi katalizator turi, gazning tarkibi va haroratga bog'liqdir. Kontakt massa orqali sulfat anhidrid o'tkazilganda har bir katalizator uchun ma'lum haroratdagina kontaktlanish boshlanadi. Asbestga surtilgan platina uchun bu harorat 250°C ga, vanadiyli kontakt massa uchun esa – qariyb 400°C ga teng. Haroratning o'zgarishi bilan kontaktlanish darajasi ham o'zgaradi. Bunda har bir harorat uchun kontaktlanish darajasining ma'lum chegarasi bo'ladi, ya'ni ushbu tarkibdagi gaz uchun nazariy mumkin bo'lgan kontaktlanish darajasi faqat haroratga bog'liqdir.

Muvozanatdagi kontaktlanish darajasi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$x_p = \frac{p_{SO_3}}{p_{SO_2} + p_{SO_3}}$$

bu yerda: p_{SO_3} va p_{SO_2} – SO₃ va SO₂ larning muvozanatdagi parsial bosimlari.

Bundan yuqoridagi tenglamalarni umumlashtirish orqali:

$$x_p = \frac{1}{\frac{1}{K_p \sqrt{p_{O_2}}} + 1} = \frac{K_p}{K_p + \frac{1}{\sqrt{p_{O_2}}}}$$

hosil qilinadi.

Agar: P – gazning umumiy bosimi (atm. da), a – gazlar aralashmasidagi SO₂ ning boshlang'ich miqdori (hajmiy %), b – gazlar aralashmasidagi kislorodning boshlang'ich miqdori (hajmiy %) etib belgilansa, u holda yuqoridagi tenglama:

$$x_p = \frac{K_p}{K_p + \sqrt{\frac{100 - 0,5ax_p}{P(b - 0,5ax_p)}}}$$

ko'rinishiga keladi.

Haroratning ortishi va bosimning ko'tarilishi bilan x_p ortadi. Bu SO_2 ni SO_3 ga oksidlanish reaksiyasi issiqlik ajralishi va molekularlar miqdorining kamayishi orqali sodir bo'lishi bilan izohlanadi. 4.3 va 4.4-jadvallarda tarkibida 7% SO_2 , 11% O_2 va 82% N_2 tutgan gazning turlicha harorat va bosimdagi x_p qiymati keltirilgan.

4.3-jadval

Muvozanatdagi kontaktlanish darajasi x_p ning haroratga bog'liqligi

Harorat, °C	$x_p \cdot 100$	Harorat, °C	$x_p \cdot 100$	Harorat, °C	$x_p \cdot 100$
390	99,4	470	96,2	550	85,6
400	99,2	480	95,4	560	83,5
410	99,0	490	94,5	570	81,2
420	98,7	500	93,5	580	78,7
430	98,4	510	92,2	590	76,0
440	98,0	520	90,8	650	58,5
450	97,5	530	89,2	700	43,6
460	97,0	540	87,5	1000	5,0

4.4-jadval

Muvozanatdagi kontaktlanish darajasi x_p ning absolyut bosimga bog'liqligi

Harorat, °C	Bosim bo'yicha $x_p \cdot 100$ qiymati					
	1 at	5 at	10 at	25 at	50 at	100 at
400	99,2	99,6	99,7	99,9	99,9	99,9
450	97,5	98,9	99,2	99,5	99,6	99,7
500	93,5	96,9	97,8	98,6	99,0	99,3
550	85,6	92,9	94,9	96,7	97,7	98,3
600	73,7	85,8	89,5	93,3	95,0	96,4

Muvozanatdagi kontaktlanish darajasi gazdagi SO_2 va O_2 nisbatiga bog'liqdir. Bu nisbat kuydiriladigan xomashyo turi va kuydirish uchun beriladigan havo miqdoriga bog'liq bo'ladi. Qanchalik havo ko'p kiritilsa, gazlar aralashmasida shunchalik SO_2 kam va O_2 ko'p miqdorda bo'ladi va natijada muvozanatdagi kontaktlanish darajasi ham shunchalik yuqori bo'ladi.

4.5-jadvalda kolchedanni har xil ortiqcha miqdordagi havo bilan kuydirilishidan olingan gaz uchun x_p qiymatlari keltirilgan.

4.5-jadval

Muvozanatdagi kontaktlanish darajasi x_p ning gazlar aralashmasi tarkibiga bog'liqligi

(475°C harorat va 0,98 bar yoki 1 atm absolyut bosimda)

Gazdagi miqdori, hajmiy %		$x_p \cdot 100$	Gazdagi miqdori, hajmiy %		$x_p \cdot 100$
SO ₂	O ₂		SO ₂	O ₂	
2	18,14	97,1	7	11,0	95,8
3	16,72	97,0	8	9,58	95,2
4	15,28	96,8	9	8,15	94,3
5	13,86	96,5	10	6,72	92,3
6	12,43	96,2			

Sulfit angidridni sulfat angidridga oksidlash reaksiyasining tezligi. Sanoat sharoitida SO₂ oksidlanish reaksiyasining tezligi muhim ahamiyat kasb etadi. Katalizator massa birligiga, binobarin, katalizator sarfiga, kontakt jihozi o'lehamiga va boshqa kontaktlanish jarayonining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlariga muvofiq keladigan vaqt birligi ichidagi oksidlanadigan sulfit angidrid miqdori ushbu reaksiya tezligiga bog'liqdir. Jarayonni shunday amalga oshirish lozimki, bunda sulfit angidrid oksidlanishining tezligini eng yuqori darajada bo'lishini ta'minlanishi mumkin bo'lsin.

SO₂ ning oksidlanish tezligi reaksiyaning tezlik konstantasi k_c bilan tavsiflanadi:

$$k_c = k_0 e^{-\frac{E}{RT}}$$

bu yerda: k_0 – katalizatorni tavsiflaydigan va haroratga bog'liq bo'lmagan empirik koeffitsient; E – faollanish energiyasi, j/mol (kal/mol); R – universal gaz doimiysi [8,326 j/(mol·grad) yoki 1,987 kal/(mol·grad)]; T – absolyut harorat, °K.

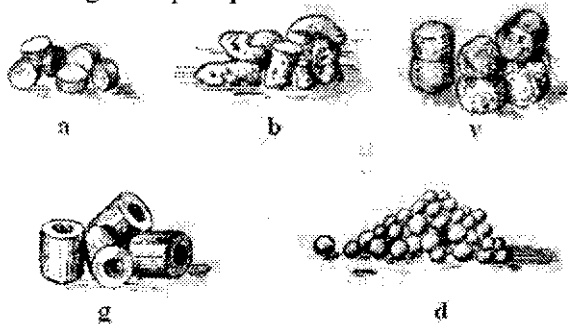
Gazlarning kinetik nazariyasidan ma'lumki, energiyaga ega bo'lgan molekulalar ulushi, ularning birinchi to'qnashuvida reaksiya sodir bo'lishi

uchun yetarli bo'lishi kerak va u birinchi yaqinlashishda $e^{-\frac{E}{RT}}$ ni tashkil etadi. Shunday qilib, reaksiya tezligi tenglamasidagi bu a'zo sulfat angidrid molekulalari hosi bo'lishiga olib keluvchi effektiv to'qnashuvlar

ulushini ifodalaydi. $e^{\frac{E}{RT}}$ ifodada daraja ko'rsatkichi manfiydir; binobarin shunday ekan, haroratning ko'tarilishi (T ning ortishi) bilan reaksiya tezligi ham ortadi, E ning ortishi bilan kamayadi. SO_2 ni SO_3 ga oksidlanish reaksiyasining faollanish energiyasi E juda kattadir va shu sababli xattoki yuqori haroratda ham katalizator ishtirokisiz bu reaksiya (gomogen oksidlanish jarayoni) amalda sodir bo'lmaydi. Qattiq katalizator ishtirokida faollanish energiyasi pasayadi va shunga muvofiq geterogen katalitik reaksiya tezligi ortadi. Shunday qilib, katalizator, masalan, vanadiyli kontakt massaning vazifasi faollanish energiyasi E ni pasaytirishdan iboratdir.

Vanadiyli kontakt massa. Sulfat kislota ishlab chiqarishda BAV va SVD markali kontakt massalari ishlatiladi. BAV so'zining ma'nosi – kontakt massa tarkibiga kiradigan elementlar (bariy, alyuminiy va vanadiylar) ning bosh harflaridan iborat. SVD so'zi esa – sulfo-vanadat-diatomli ma'nosini anglatadi.

BAV kontakt massasini tayyorlash uchun kaliy vanadat (KVO_3) ning ishqoriy eritmasini suyuq shisha K_2SiO_3 bilan aralashtiriladi va 70°C haroratgacha qizdirilgan holda to'xtovsiz aralashtiriladi. Aralashtirilgan holda aralashmaga alyuminiy xloridning xlorid kislotali eritmasi va bariy xloridning suvli eritmasi qo'shish yo'li bilan kontakt massa cho'ktiriladi. Uni filtrpressda filtrlanadi, so'ngra gidravlik press yordamida siqiladi. Hosil qilingan (40–45% namlikdagi) cho'kma donachalar, tabletkalar yoki halqachalar ko'rinishda qoliplanadi (4.1-rasm). So'ngra kontakt massa 60°C dan (quritishning boshlanishida) 115°C gacha (quritish oxirida) 30 soatdan kam bo'lmagan vaqtda quritiladi.



4.1-rasm. Kontakt massa shakllari:

a – tabletkalar; b, v – donadorlangan massa; g – halqasimon kontakt massa; d – qaynovchi qatlam uchun kontakt massa.

BAV kontakt massasi oq yoki och pushti rangga ega bo'ladi va taxminan quyidagi tarkibdagi aralashma tarzida bo'lishi mumkin:



BAV massasining namligi qariyb 15% ni tashkil etadi.

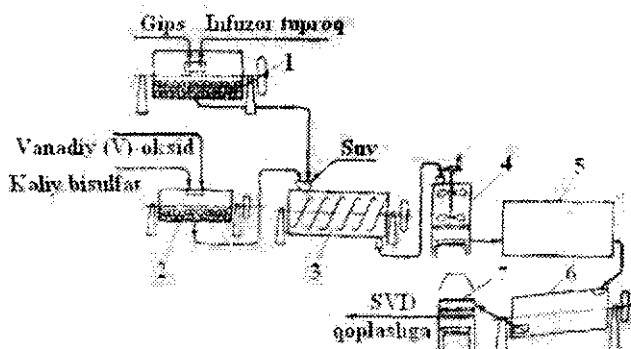
Donadorlangan BAV katalizatorining to'kilish zichligi 450-500 g/l ni tashkil etadi. Quruq kontakt massa tarkibida V_2O_5 hisobida 7,5-8,0% vanadiy bo'ladi. Vanadiyli kontakt massani sulfit ангидрид gazi bilan 420-440°C haroratda qayta ishlangandan keyin u sariq rangga kiradi va uning to'kilish zichligi 600-650 g/l gacha ortadi. Katalizator rangining o'zgarishi va to'kilish zichligining ortishini katalizatorida SO_2 ning oksidlanishidan hosil bo'ladigan sulfat ангидридning kontakt massaga yutilishi orqali izohlanadi. Natijada sulfatlar hosil bo'ladi va xlor ajralib chiqadi. Bunda ko'p miqdordagi issiqlik ajralib chiqadi va kontakt massa kuchli qiziydi. Masalan, yangi tayyorlangan kontakt massaga sulfit ангидридli gaz (taxminan 7% SO_2) ta'sir etganda jihozdagi harorat 800-900°C gacha ko'tariladi. Bunda kontakt massaning kuyishi va to'la maydalanib ketishi kuzatilishi mumkin. Kontakt massaning kuyishi natijasida bo'linishining oldini olish maqsadida kontakt jihoziga solinadigan yangi kontakt massa, dastlab, tarkibida 0,3-0,5% SO_2 bo'lgan gazlar aralashmasi bilan haroratni keskin oshirmagan holda qayta ishlanadi.

Kontakt massaning sulfit ангидрид bilan to'yinishi asosan sanoatdagi kontakt jihozida amalga oshadi. Bunda ajaraladigan xlor chiqindi gazlari bilan atmosferaga chiqib ketadi, bu esa kontakt jihozlarining yangi massa bilan ishga tushirilishida katta qiyinchiliklar keltirib chiqaradi.

SVD vanadiyli kontakt massa quruq usulda tayyorlanadi, uning tarkibiga kaliy pirosulfat $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$ kiradi va u faol kompleks $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot \text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$ hosil qiladi. Shuning uchun bu massani sulfit ангидрид bilan to'yintirish talab etilmaydi.

SVD kontakt massasini tayyorlashning texnologik tizimi quyidagilardan iboratdir (4,2-rasm). Boshlang'ich materiallar: infuzor gil (diatomit), vanadiy(V)-oksid, gips va kaliy bisulfit – sharli tegirmonlarda (1) va (2) maydalanadi va aralashtirgichga (3) uzatiladi, u yerga kerakli miqdordagi suv ham kiritiladi. Aralashtirgichda hosil bo'ladigan bo'tqa qoliplash mashinasiga (4) uzatiladi, unda talab etiladigan – donador yoki halqasimon massa olinadi. Xom kontakt massa pechda (5) quritiladi, so'ngra o'txona gazlari bilan qizdiriladigan baraban 6 da 500-700°C haroratda kuydiriladi.

SVD massasi yuqori mexanik mustahkamlikka ega bo'lib, BAV kontakt massasidan bir necha marta arzondir.



4.2-rasm. SVD kontakt massasi ishlab chiqarish tasviri:

1,2 – sharli tegirmon; 3 – aralashtirgich; 4 – qoplash mashinasi; 5 – tunelli quritgich; 6 – kuydirish barabani; 7 – chayqaluvchi elak.

SVD donachalari to‘q jigarrang bo‘ladi; to‘kma massasi 570-600 g/l, issiqlik sig‘imi 1,05 j/(g·grad). Standart sharoitlardagi (485°C harorat va 4000 soat¹ hajmiy tezlikda) katalitik faolligi – 86% dan kam emas, termik ishlovdan so‘ng esa – 83% dan kam emas. Donadorlangan SVD kontakt massasining o‘rtacha diametri 3,5 mm, halqasimon kontakt massaning diametri 8-12 mm, ichki diametri 2,5-4,5 mm, balandligi esa 8-12 mm.

SVD katalizatorining taxminiy tarkibi:



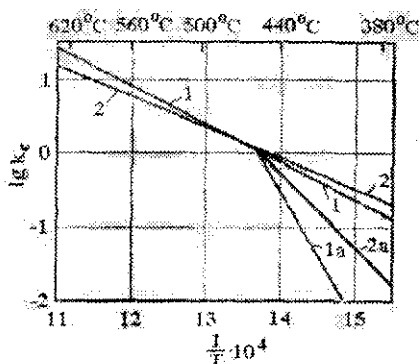
bo‘ladi.

Vanadiyli kontakt massa (BAV va SVD) da SO₂ ni SO₃ ga oksidlanish reaksiyasining faollanish energiyasi E , 96,5 kJ/mol ni tashkil etadi. Haroratning ortishi bilan vanadiyli kontakt massada oksidlanish reaksiyasining tezlik konstantasi k_c xuddi 4.3-rasmda tasvirlangandek ortadi.

4.3-rasmdan ko‘rinadiki, reaksiya tezlik konstantasi k_c BAV va SVD donador massalari uchun $9,4 \cdot 10^6$ ga, halqasimon massa uchun $7,2 \cdot 10^6$ ga tengdir (halqasimon massa donador massaga nisbatan 30% ga ko‘p solinadi). 620°C dan yuqori haroratda vanadiyli kontakt massaning faolligi juda ham tez pasayadi.

Haroratning ortishi bilan vanadiyli kontakt massa faolligini pasayishiga olib keladigan sabablar hozircha aniqlanmagan. Faqatgina bunda haroratning ko‘tarilishi natijasida kontakt massa tarkibiga kiruvchi kaliy kremnezem bilan ta’sirlashishi natijasida kaliyning bir qismi faol kompleks $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot \text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$ tarkibidan chiqadi degan taxminni aytish mumkin.

Buning natijasida kompleks buziladi, massadan vanadiy(V)-oksid ajraladi, kontakt massaning faolligi pasayadi.



4.3-rasm. Vanadiyli kontakt massada SO_2 oksidlanish tezligi konstantasi k_c ning haroratga bog‘liqligi:

1 – kontaktlanishning oxirgi sharoitida 460°C dan yuqori haroratda odatdagi SVD va BAV ga; 1a – kontaktlanishning boshlang‘ich sharoitida 460°C dan yuqori haroratda odatdagi SVD va BAV ga; 2 – kontaktlanishning oxirgi sharoitida 460°C dan yuqori haroratda past haroratli SVD ga; 2a – kontaktlanishning boshlang‘ich sharoitida 460°C dan yuqori haroratda past haroratli SVD ga.

Keyingi paytlarda birmuncha termik barqaror kontakt massalar ishlab chiqarila boshlandi, ularning faolligi $650\text{--}670^\circ\text{C}$ haroratda ham kamaymaydi. Vanadiyli kontakt massaning termik barqarorligini oshirish uchun uni tayyorlashda kaliy xlorid miqdorini ko‘paytirish hisobiga amalga oshiriladi. Bunda kaliy xlorid keyinchalik kaliy pirofosfatga aylanadi. Bu esa xattoki kaliyning bir qismi kremnezem bilan bog‘lansada, faol shakldagi vanadiyni saqlanishiga olib keladi.

Kontakt massa sifatining asosiy eng muhim ko‘rsatkichi bu *yondirish harorati* hisoblanadi, buning natijasida katalizatorning tezlik bilan qizishi boshlanadi. Vanadiyli kontakt massaning yondirish harorati nafaqat katalizator turiga, balki gazli aralashma tarkibiga ham bog‘liqdir. U gazdagi kislorod miqdori kamayishi bilan ortadi. Ishlab chiqarish jihozlarida vaqt o‘tishi bilan vanadiyli kontakt massaning yondirish harorati ortadi, shuning uchun gaz harorati katalizatorning birinchi qatlamiga kirishda asta-sekin ortadi.

Ishlab chiqarish jihozlarida vanadiyli kontakt massa faolligi asta-sekin pasayib boradi. Shuning uchun har 3-5 yilda katalizator to‘la yoki qisman almashtiriladi. Yaxshi tozalangan gaz bilan yoki barqaror harorat rejimida ishlanganda vanadiyli kontakt massa faolligi ancha uzoq

muddatgacha (10-15 yilgacha) saqlanadi. Kontakt massani tushirib olishdan oldin kontakt jihoziga 20-30 soat mobaynida 400°C haroratda havo purkaladi. Massadan SO_3 to'la ajralib chiqib bo'lgandan so'ng, havoning harorati pasaytiriladi, kontakt jihozi sovutiladi va kontakt massa chiqarib olinadi. Faolligi pasaygan vanadiyli kontakt massa uni tayyorlovchi zavodga yuboriladi va u yerda yangi katalizator tayyorlash uchun eski kontakt massadagi vanadiy(V)-oksid ajratib olinadi. Kontakt massani qisman yangilashda, kontakt jihozidagi kontakt massaning maydalangan qismi ajratib olinadi, qolgan qismi esa katalizator qatlamining o'rta qismiga solinadi. Katalizatorning birinchi va ohirgi qatlamiga yangi kontakt massa solinadi, bunda katalizatorning birinchi qatlami past yondirish haroratiga ega bo'ladi, yuqori qatlami esa yuqori umumiy kontaktlanish darajasini ta'minlaydi.

Kontakt massa gazning o'tishida nisbatan yuqori gidravlik qarshilik (kontakt bo'linmasi umumiy gidravlik qarshiligining qariyb yarmini) hosil qiladi. Vaqt o'tishi bilan massaning qarshiligi uning ifloslanishi va kuyishi hisobiga ortadi. Kontakt massa gidravlik qarshiligini kamaytirish uchun uni yirik donador, tabletk, halqa va hokazo tarzida tayyorlanadi.

Ma'lumki, kontakt massaning katalitik faolligi katalizatorni zaharlaydigan kontakt zaharlari deb ataluvchi oz miqdordagi moddalar hisobiga pasayadi. Vanadiyli kontakt massa platinali katalizatorga nisbatan kontakt zaharlari ta'siriga anchagina chidamlidir, lekin shunday bo'lsada kuyundi gazi tarkibidagi qo'shimchalar ishtirokida uning faolligi sezilarli darajada pasayadi. Vanadiyli kontakt massa faolligini asosan mishyak birikmalari (asosan, As_2O_5) pasaytiradi. 550°C dan yuqori haroratda $\text{V}_2\text{O}_5\cdot\text{As}_2\text{O}_5$ tarkibli uchuvchan birikma tarzida kontakt massadan yo'qotiladi. Bu birikma kontakt massaning keyingi qatlamiga yopishib, quyqa hosil qiladi. Shu tufayli katalizator faolligi keskin pasayadi.

Suv bug'i sulfat kislota kondensatsiyalanishidan yuqori haroratda vanadiyli kontakt massa faolligiga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatmaydi. Past haroratda esa suv bug'i va sulfat angidrididan hosil bo'lgan sulfat kislotaning kondensatsiyalanishi va uning katalizatorni yemirishi natijasida kontakt massa faolligi pasayadi.

Normal kontaktlanish haroratida gaz tarkibida bo'ladigan CO , CO_2 , H_2S , CS_2 , NH_3 , NO , S va Se bug'lari va boshqalar kabi moddalar vanadiyli kontakt massa faolligini sezilarli darajada pasayishiga olib kelmaydi. Past haroratda (masalan, jihozni ishga tushirish yoki to'xtatishda) ularning ayrimlari vanadiy(V)-oksidning ma'lum darajada qaytarishi mumkin, bu esa kontakt massa tarkibining o'zgarishiga olib keladi.

Ftor birikmalari (HF va SiF_4) ham vanadiyli kontakt massaning buzilishiga va uning faolligini pasayishiga sabab bo'ladi. Shuning uchun kontakt jihoziga beriladigan gaz tarkibidagi fluor yetarli darajada kam bo'lishi lozimdir.

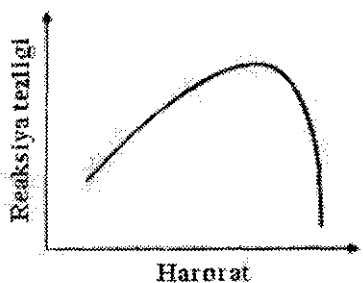
Vanadiyli katalizatorida sulfat angidridni sulfat angidridga oksidlash jarayonining shart-sharoiti. Vanadiyli katalizatorida sulfat angidridni sulfat angidridga oksidlash jarayonining tezligi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\frac{dx}{d\tau} = \frac{k_c}{a} \left(\frac{x_p - x}{x} \right)^{0,8} \left(b - \frac{ax}{2} \right) \frac{273}{T}$$

bu yerda: x – kontaktlanish darajasi; τ – vaqt, sek; k_c – reaksiyaning tezlik konstantasi; a – sulfat angidridning boshlang'ich konsentratsiyasi, %; x_p – muvozanatdagi kontaktlanish darajasi; b – kislorodning konsentratsiyasi, %; T – harorat, $^{\circ}\text{K}$.

Shunday qilib, oksidlanish jarayonining tezligi reaksiyaning tezlik konstantasi k_c ga to'g'ridan-to'g'ri bog'liq, k_c haroratning ko'tarilishi bilan juda ham tez ortadi. Ammo jarayon tezligi, shuningdek, muvozanatdagi kontaktlanish darajasi x ga ham bog'liq va u haroratning ortishi bilan kamayadi.

Sulfat angidrid oksidlanish jarayonining haroratga bog'lig'ligini maksimumga ega bo'lgan ekstremal egri chiziq holatida tasavvur etish mumkin (4.4-rasm).

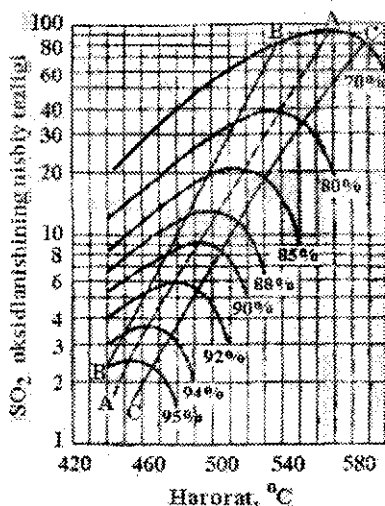


4.4-rasm. Turli xildagi kontaktlanish darajasi (0,7-0,95) da sulfat angidrid oksidlanish tezligining haroratga bog'liqligi.

Kontaktlanish darajasi x qanchalik kichik bo'lsa, SO_2 ni SO_3 ga oksidlanish tezligi ham shunchalik yuqori bo'ladi. Shuning uchun har bir kontaktlanish darajasi uchun reaksiya tezligining haroratga bog'liqligi tegishli egri chiziqlar orqali ifodalanadi. Bu barcha egri chiziqlarning

xususiyati 4.4-rasmdagi egri chiziqlarga o'xshashdir, ammo maksimal reaksiya tezliklari turlicha bo'ladi.

Tarkibida 7% SO₂ va 11% O₂ tutgan gazlar aralashmasi uchun bunday egri chiziqlarning to'plami 4.5-rasmda ko'rsatilgan. Undan ko'rinadiki, har bir kontaktlanish darajasi uchun reaksiya tezligi ma'lum haroratda aniq ifodalangan maksimumga erishadi, bunda haroratning yuqori bo'lishi kontaktlanish darajasining shunchalik kichik bo'lishiga bog'liqdir. Shunday ekan, bu haroratlarda reaksiya tezligi yuqori darajaga erishadi, ular jarayonni o'tkazish uchun eng qulay, ya'ni *maqbul (optimal) harorat* hisoblanadi.



4.5-rasm. Sulfit angidrid oksidlanish tezligining haroratga bog'liqligi.

Adiabatik jarayonlardagi sulfit angidridni sulfat angidridga oksidlash jarayonida haroratning ko'tarilishi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\Delta T = \lambda \Delta x$$

bu yerda: Δx – kontaktlanish darajasining ko'tarilishi; λ – adiabatik sharoitda kontaktlanish darajasining 0 dan 1 gacha o'zgarishidagi gaz haroratining ortish koeffitsienti.

$$\lambda = 42,3 \frac{\alpha}{c_p}$$

bu yerda: α – sulfit angidridning boshlang'ich konsentratsiyasi, %; c_p – gazlar aralashmasining issiqlik sig'imi (gaz hajmini normal sharoitga keltirilgan deb hisoblanadi), $\text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{grad})$.

$\Delta T = \Delta t = t - t_0$ (jarayon boshlanishi va oxiridagi haroratlar ayirmasi),
 $\Delta x = x - x_0$ (jarayon boshlanishi va oxiridagi kontaktlanish darajalari ayirmasi) bo'lsa, yuqoridagi tenglama quyidagicha ko'rinishga ega bo'ladi:

$$t = t_0 - \lambda(x - x_0)$$

Bu tenglama har bir kontaktlanish foizi uchun gaz haroratining ko'tarilishini aniqlash, shuningdek agar kontakt massaga kiradigan gaz harorati va kontaktlanish darajasi ma'lum bo'lsa, kontakt massa qatlamidan chiqadigan gaz haroratini hisoblash yoki katalizator qatlamida gaz haroratining ortishi ma'lum bo'lsa, kontaktlanish darajasini aniqlash imkoniyatini yaratadi.

Kontakt massa miqdorini aniqlash. Belgilangan kontaklanish darajasiga erishish uchun tarkibida SO_2 tutgan gazlar aralashmasi ma'lum vaqtda vanadiyli kontakt massa bilan to'qnashishi kerak. Soddalashtirish uchun amaliy hisoblashlarda haqiqiy emas, balki to'qnashuvning taxminiy (fiktiv) vaqti aniqlanadi, uni hisoblashda hisoblash formulasiga katalizator zarrachalari orasidagi bo'sh hajm kattaligi emas, balki kontakt massaning butun hajm kattaligi kiritiladi.

Gaz hajmiga ta'lluqli to'qnashuvning fiktiv vaqti vaqt birligi ichida katalizator orqali o'tadigan gazning hajmi va kontakt massa hajmiga bog'liqdir:

$$\tau_0 = \frac{v}{V}$$

bu yerda: v – kontakt massa hajmi; V – gazning hajmi (noramal sharoitga keltirilgan), m^3/sek .

Bundan

$$v = V \cdot \tau_0$$

bo'ladi.

Belgilangan kattalikdan amaldagi kontaktlanish rejimining farqini va vaqt davomida kontakt massa antivligining pasayishini hisobga olib, amaliy hisoblashlarda qo'shimcha massa koeffitsienti s kiritiladi. Talab etiladigan kontakt massa hajmi:

$$v = s \cdot V \cdot \tau_0$$

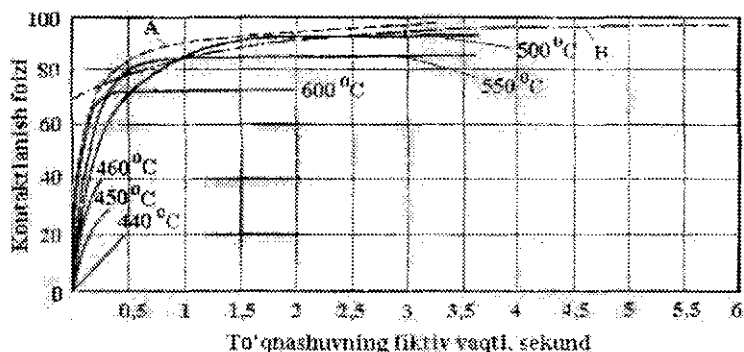
formula bilan ifodalanadi. Gaz hajmi belgilab beriladi (u kontakt jihozining unumdorligi bilan aniqlanadi), qo'shimcha massa koeffitsienti amaliy ma'lumotlar asosida qabul qilinadi. Shunday qilib, kontakt massa hajmini aniqlash uchun jarayon tezligiga teskari proporsional bo'lgan

kattalik – to‘qnashuvlarning fiktiv vaqti τ_0 ni topish lozim bo‘ladi. Uni aniqlash uchun quyidagi ko‘rinishdagi formuladan foydalaniladi:

$$\frac{d\tau_0}{dx} = \frac{a}{k_c} \left(\frac{x}{x_p - x} \right)^{0.8} \cdot \frac{1}{b - \frac{ax}{2}} \cdot \frac{T}{273}$$

Amaliy sharoitda harorat va kontaktlanish darajasi reaksiya jarayoni paytida o‘zgaradi, binobarin, muvozanatdagi kontaktlanish darajasi va reaksiyaning tezlik konstantasi ham o‘zgaradi. Shuning uchun τ_0 ni aniqlash ham katta qiyinchiliklar tug‘diradi, shuning uchun odatda hisoblashning grafik usulidan foydalaniladi.

4.6-rasmda yuqoridagi tenglama bo‘yicha tuzilgan va kordinatalarida $x - \tau_0$ bo‘lgan egri chiziqlar tasvirlangan. Bu grafik bo‘yicha kontaktlanish darajasining to‘qnashuvlar vaqti bilan bog‘liqligini kuzatish mumkin. Masalan, 500°C haroratda izotermik sharoitlarda kontaktlanish darajasini 60% ga yetkazish uchun fiktiv vaqt 0,3 sek ni tashkil etishi kerak, 600°C haroratda esa – qariyb 2 marta kamdir. Jarayonni maqbul (optimal) harorat sharoitida (A egri chiziq) o‘tkazish uchun fiktiv vaqt yana ham ko‘proq qisqartiriladi. V egri chiziq harorat 450°C ga to‘g‘ri keladigan jarayonga muvofiq keladi, maqbul (optimal) haroratga yetguncha adiabatik amalga oshiriladi va keyinchalik maqbul (optimal) harorat sharoitida sodir bo‘ladi.

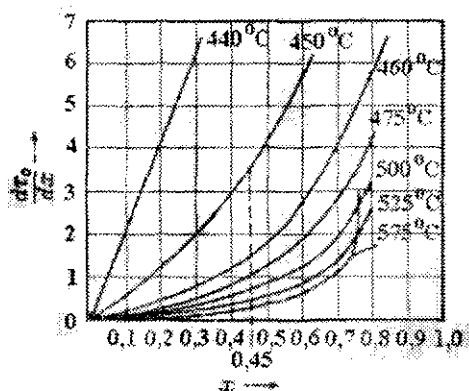


4.6-rasm. Turlicha haroratlardagi vanadiyli katalizatorlarda SO₂ ning oksidlanishida kontaktlanish darajasining to‘qnashuvlar vaqtiga bog‘liqligi (gaz tarkibida 7% SO₂ va 11% O₂ bo‘ladi).

Sanoatdagi kontakt jihoziga solish uchun talab etiladigan kontakt massa miqdorini aniqlash uchun bir xil harorat va gazlar aralashmasining

belgilangan tarkibidagi x ning bir necha qiymatlarida, ya'ni yuqoridagi tenglamada a va b larning belgilangan qiymatida $\frac{d\tau_o}{dx}$ topiladi. Olingan natijalar bo'yicha $x - \frac{d\tau_o}{dx}$ koordinatalarida egri chiziqlar to'plami tuziladi.

Bir necha haroratlar uchun tuzilgan shunday izotermalar 4.7-rasmda tasvirlangan.



4.7-rasm. $x - \frac{d\tau_o}{dx}$ diagrammasi.

Texnik hisoblashlar uchun yetarli bo'lgan kontakt massa miqdori, grafik tuzilmasdan, yuqoridagi tenglamadan analitik usulda olingan τ_0 qiymati bo'yicha ham aniqlanadi. Buning uchun kontakt massaning har bir qatlami bir necha ixtiyoriy tanlangan bo'lakchalarga ajratiladi, ulardan har biri uchun:

$$\frac{\Delta\tau_o}{\Delta x} = \frac{d\tau_o}{dx}$$

qabul qilinadi. Bu yerda: $\Delta\tau_0$ — bo'lakchadagi to'qnashuvlarning fiktiv vaqti, sek; $\Delta x = x_b - x_o$. Bunda x_b va x_o — bo'lakcha boshida va oxirida kontaktlanish darajasi, birlik ulushda.

Yuqoridagi tenglamalardan:

$$\Delta\tau_o = \frac{a}{k_c} \left(\frac{x}{x_p - x} \right)^{0.8} \cdot \frac{T}{273 \cdot \left(b - \frac{ax}{2} \right)} \cdot \Delta x$$

kelib chiqadi. Bu yerda: T – bo‘lakchadagi (yoki qatlamdan so‘nggi) o‘rtacha harorat, $^{\circ}\text{K}$.

Belgilangan kontaktlanish darajasiga yetkazish uchun talab etiladigan qatlamlarda to‘qnashuvlarning umumiy vaqti alohida bo‘lakchalardagi $\Delta\tau_0$ qiymatining yig‘indisi orqali aniqlanadi:

$$\tau = \sum \Delta\tau_0$$

Kontakt massaning har bir qatlamini to‘rt-besh bo‘lakka bo‘lish orqali keltirilgan hisoblash usuli bo‘yicha kontakt massa hajmini hisoblash, uni grafik usulda topilgan qiymatidan taxminan 10% ga farq qiladi. Bo‘lakchalar miqdorini oshirish hisob aniqligini oshiradi.

Vanadiyli katalizatorida sulfat angidridni sulfat angidridga oksidlashning maqbul (optimal) sharoiti. Kontaktlanish darajasi kontaktli sulfat kislota tizimining asosiy ko‘rsatkichlaridan biri hisoblanadi.

Kontaktlanish darajasi ortishi bilan chiqindi gazlaridagi SO_2 miqdori kamayadi. Masalan, $x = 0,99$ dagi chiqindi gazlari tarkibida qariyib 0,07% SO_2 bo‘ladi. Ko‘p hollarda bunday gazlar qo‘shimcha tozalashsiz to‘g‘ridan-to‘g‘ri atmosferaga chiqarib yuboriladi.

Yuqori kontaktlanish darajasiga erishish uchun jarayonni iloji boricha past haroratda tugatish kerak bo‘ladi, lekin muvozanat holatiga yaqin sharoitda reaksiyaning tezlik konstantasi k_c sezilarli darajada kamayadi, ya‘ni jarayon tezligi pasayadi. Shuning uchun kontaktlanish darajasi qanchalik katta bo‘lsa, to‘qnashuv vaqti ham shunchalik ko‘p bo‘lishi kerak, shunday ekan, katalizator hajmi ko‘p bo‘lishi lozimdir. Sanoat sharoitida vanadiyli kontakt massa nisbatan yuqori qiymatli bo‘lganligi sababli iqtisodiy jihatdan maqsadga muvotiq bo‘lgan kontaktlanish darajasini tanlash muhim ahamiyat kasb etadi. Ishlab chiqarishda eng past tannarxga kontaktlanish darajasi 0,98 da erishiladi, lekin bunda chiqindi gazlardagi SO_2 miqdori yuqori darajada bo‘ladi, bu esa sanitar va ekologik talablarga javob bermaydi. Shuning uchun nisbatan yuqori kontaktlanish darajasida (0,988-0,99 atrofida) ishlash maqsadga muvofiqdir.

Kontakt jihozi ishining eng muhim ko‘rsatkichi uning gidravlik qarshiligi ham hisoblanadi. Gidravlik qarshilikning ko‘p qismi kontakt massada yuzaga keladi.

Kontakt jihozining gidravlik qarshiligi quyidagi formula bilan hisoblanishi mumkin:

$$\Delta p = 6600 w^{1,7} \rho^{0,7} h \text{ n/m}^2$$

bu yerda: w – massadagi gazning fiktiv tezligi (kontakt massa egallagan hajmini hisobga olmagan holda), m/sek; ρ – gazning zichligi, kg/m³; h – donadorlangan kontakt massa qatlamining balandligi, m.

Gazning tezligi w va kontakt massa qatlamining balandligi kontakt jihozining unumdorligi P bilan bog'liq va u quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$w = c_1 \frac{P}{a} \quad \text{va} \quad h = c_2 \frac{P \tau_0}{a}$$

bu yerda: a – gazdagi SO₂ konsentratsiyasi; τ_0 – to'qnashuvning fiktiv vaqti; c_1, c_2 – o'zgarmas kattaliklar.

Yuqoridagi tenglamalardan Δr va ρ larni o'zgarmas deb olinsa, quyidagi tenglamakelib chiqadi:

$$P = c_3 \frac{a}{\tau_0^{0.37}}$$

bu yerda: c_3 – o'zgarmas kattalik.

Bu tenglamani yechish orqali kontakt jihozi ishining maqbul (optimal) sharoiti aniqlanadi, ularda ayrim gidravlik qarshilik doimiysi (berilgan) dagi kontakt jihozining maksimal unumdorligiga erishiladi.

Qaynovchi qatlamdagi katalizatorlarda sulfid angidridning oksidlanishi. Qaynovchi qatlamda gaz katalizator zarrachalari bilan anchagina jadal aralashadi, buning natijasida kontakt massa sirtiga SO₂ va O₂ ning yaqinlashishi kuchayadi hamda SO₂ oksidlanish jarayonining umumiy tezligi, ayniqsa, kontaktlanish jarayonining boshlanishida ortadi. Qaynovchi qatlamning gidravlik qarshiligi donachalarning o'lchamiga bog'liq emas, shuning uchun qaynovchi qatlamda SO₂ ning katalitik oksidlanishida juda mayda sferik donachalar ishlatiladi, bu esa katalizatorning ichki yuzasidan to'la foydalanilishini ta'minlaydi. Jarayonning ko'rsatib o'tilgan xususiyatidan kelib chiqib, qaynovchi qatlamda katalizator sarfi, tajriba zavodi ma'lumotlariga ko'ra, taxminan 2 marta kamayishi aniqlangan.

Reaksiyaning issiqligini chiqarib olish uchun katalizatorning qaynovchi qatlamida sovutish elementlari joylashtiriladi, ular orqali gaz yoki boshqa sovutish agentlari harakatlanadi. Katalizatorning qaynovchi qatlamida sovutish elementlari sirtiga issiqlik uzatilish koeffitsienti 800-1200 kJ/(m²·soat·grad) ni tashkil etadi, ya'ni bu gazdan odatdagi issiqlik almashtirgich quvurlariga issiqlik uzatish koeffitsientlariga nisbatan 8-10 marta kattadir. Qaynovchi qatlamda issiqlik chiqarilib olishining jadalligi yuqori konsentrlangan sulfidli gaz oksidlanishini katalizatorning qizib

ketmasdan amalga oshirish imkoniyatini yaratadi. Qaynovchi qatlamda jadal aralashish tufayli unga kiradigan gazning harorati kontakt massani yondirish haroratidan ham past bo'lishi mumkin. Bu, ayniqsa, kontakt massaning birinchi qatlamida va yuqori konsentratsiyali sulfitli gazni oksidlashda katta amaliy ahamiyatga egadir.

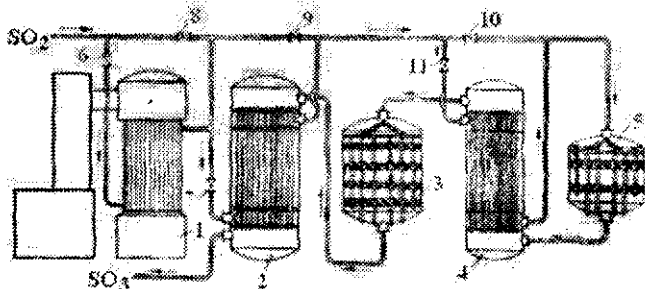
Katalizatorning qaynovchi qatlamiga keladigan gazdagi ma'lum miqdordagi chang miqdori qiyinchiliklar keltirib chiqarmaydi, chunki gazning tezligi katta bo'lganligi va jadallik bilan aralashganligi sababli chang qaynovchi qatlamda ushlanib qolmaydi. Eskirgan katalizatorni chiqarib olish va yangisini solish, qaynovchi qatlamda, jarayonni to'xtatmasdan amalga oshirilishi mumkin, bu esa gazdagi kontakt zaharlari ishtirok etishiga yo'l qo'yiladigan soddalashtirilgan texnologik sxemalar bo'yicha ishlashda muhim hisoblanadi.

Kontakt jihozlari. Sulfid anhidridni oksidlash oraliq yoki ichki issiqlik almashtirgichli kontakt jihozlarida maqbul (optimal) sharoitga yaqinlashtirilgan sharoitlarda o'tkaziladi. Bu jihozlarda jarayonning birinchi bosqichi bir xil sharoitda amalga oshiriladi va jarayon kontakt massaning birinchi qatlami orqali 440°C haroratgacha qizdirilgan gaz bilan o'tkaziladi. Bu yerda SO_2 umumiy miqdorining 60-80% qismi oksidlanadi. Reaksiya issiqlik ajralishi bilan borganligi sababli gazning harorati $560-600^{\circ}\text{C}$ gacha ortadi. Bu sharoitda reaksiya tezligi juda yuqori bo'ladi va uning borishi uchun uncha ko'p bo'lmagan miqdorda kontakt massa talab etiladi. Ammo bunda sulfid anhidridning oksidlanishi to'xtab qoladi, chunki kontaktlanish darajasi amalda muvozanatdagi holatiga erishadi.

Oraliq issiqlik almashtirgichli kontakt jihozlarida gaz katalizatorning birinchi qatlamidan keyin issiqlik almashtirgichda $460-480^{\circ}\text{C}$ haroratgacha sovutiladi. Ko'rsatilgan haroratdagi gaz kontakt massaning ikkinchi qatlamiga o'tadi, u yerda SO_2 ning keyingi kontaktlanishi sodir bo'ladi, bunda harorat yana ortadi hamda gazni yana sovutish lozim bo'ladi va hokazo. Harorat ushbu jarayonning maqbul (optimal) sharoitiga qanchalik yaqinlashishi kontaktlanish bosqichining (kontakt massa qatlamining) ko'pligiga bog'liqdir.

Sanoatda kontakt massa qatlami uchtdan beshtagacha bo'lgan oraliq issiqlik almashtirgichli kontakt jihozlar ishlatiladi. Bosqich sonini bundanda oshirish kontaktlanish foizini ozgina oshiradi, lekin kontakt jihozlarini o'rnatish va xizmat ko'rsatishda qiyinchiliklar keltirib chiqaradi.

Oraliq issiqlik almashtirgichli jihozlardagi SO_2 oksidlanish jarayonini asbob-uskunalar bilan jihozlanishining eng sodda ko'rinishi sifatida ikki uskuna bilan jihozlangan kontakt bo'linmasini ko'rsatish mumkin, unda kontaktlanish jarayoni ikki bosqichda amalga oshiriladi (4.8-rasm).



4.8-rasm. Oraliq issiqlik almashtirgichli va ikki bosqichli kontaktlanishli kontakt bo'linmasining tasviri:

1 – qizdirgich; 2 – birinchi issiqlik almashtirgich; 3 – ikkinchi kontakt jihozi; 4 – ikkinchi issiqlik almashtirgich; 5 – birinchi kontakt jihozi; 6–11 – gaz jo'mraklari.

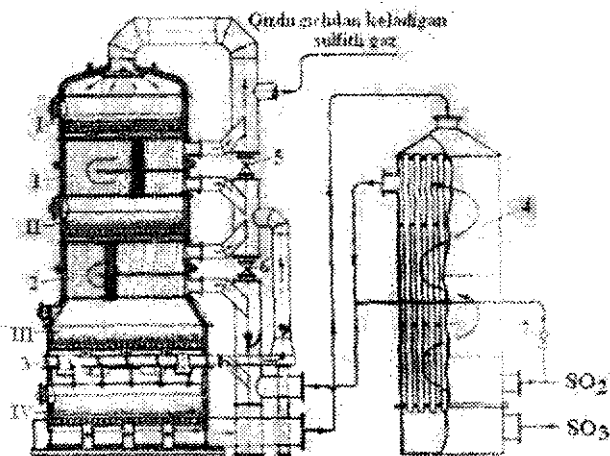
Ishlatish bo'linmasi (ishchi sxema) dagi ishchi tartib o'rnatilgach, tozalangan quruq gaz qizdirgichdan (1) o'tib, birin-ketin birinchi va ikkinchi issiqlik almashtirgichlarning (2 va 4) quvurlararo bo'shlig'idan o'tadi, so'ngra birinchi kontakt jihoziga (5) keladi. Gazlar ($\text{SO}_2 + \text{SO}_3$) aralashmasi bu yerdan sovutish uchun ikkinchi issiqlik almashtirgichning (4) quvurlariga, so'ngra ikkinchi kontakt jihozi 3 ga, undan esa birinchi issiqlik almashtirgich (2) quvurlariga o'tadi, undan keyin sulfat angidrid absorbsiya bo'linmasiga yuboriladi. Kontakt apparatiga kirishda gazning haroratini jo'mraklar (9 va 10) yordamida to'g'rilanadi.

Ishga tushirish bo'linmasi (ishga tushirish tizimi) davrida sovuq sulfitli gaz qizdirgich (1), birinchi kontakt jihozi (5) orqali o'tadi, so'ngra ikkinchi issiqlik almashtirgichga (4) keladi, undan esa – gaz harakatining ishchi tizimi bilan bir xildagi keyingi jihozlardan o'tadi. Bo'linmaning barcha jihozlari qizigach, qizdirgichni jo'mrak (6) orqali berkitiladi, undan keyin gazni ishchi sxema bo'yicha aylantiriladi.

Birinchi kontakt jihozi 5 da kontakt massali ikkita tokcha bo'ladi; bu yerda kontaktlanishning birinchi bosqichi ketadi. Ikkinchi kontakt jihozida (3) kontakt massali to'rtta tokcha joylashgan (kontaktlanishning ikkinchi bosqichi) bo'ladi.

To'rt qatlamli ikkinchi kontakt jihoz balandligi birinchi ikki qatlamli jihozning balandligidan katta bo'ladi. Ikki qatlamli kontakt jihozlarida kontaktlanish foizi 96% ga yetadi.

Yanada yuqoriroq kontaktlanish darajasiga erishish uchun SO_2 ni oksidlash hozirgi paytda to'rt va xattoki besh bosqichda o'tkazilmoqda; ko'pchilik hollarda barcha bosqichlarning kontakt massalari birgina kontakt jihoziga joylashtirilgan. 4.9-rasmda ishlab chiqarishda keng qo'llanilayotgan oraliq issiqlik almashtirgich bilan ishlaydigan to'rt qatlamli kontakt jihozining tasviri ko'rsatilgan. U pastki qismi kengaytirilgan po'lat silindrik shakldagi korpusdan iborat, uning ichida issiqlik almashtirgichlar 1, 2 va 3 bo'ladi. Birinchi ikkita issiqlik almashtirgich 1 va 2 po'lat to'rga bo'ylama o'qi bo'yicha yaxlit tortilgan quvurlardan tayyorlangan; issiqlik almashtirgich 3 ning yuzasi birinchi va ikkinchi issiqlik almashtirgichlarga nisbatan kichik, odatda uchinchi issiqlik almashtirgich – o'ramli yoki plastinkali bo'ladi. To'rt qatlamli kontakt jihozlari sutkasiga 60, 120 va 240 t sulfat kislota unumdorligiga ega bo'ladi.

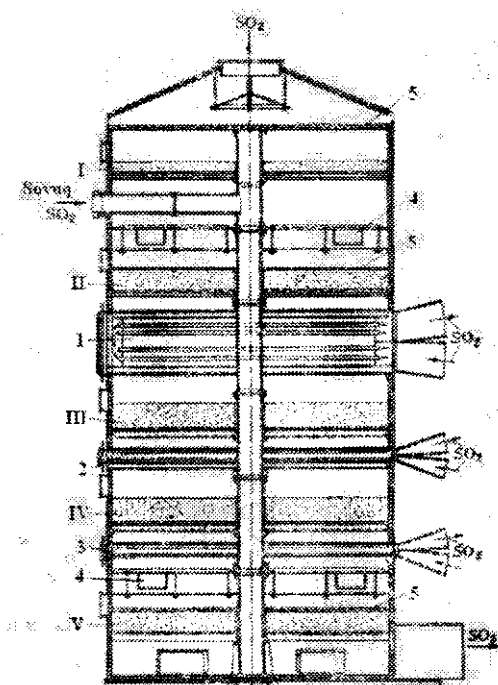


4.9-rasm. To'rt qatlamli kontakt jihozi (oraliq issiqlik almashtirgichli) bo'lgan kontakt bo'linmasining tasviri:

I–IV – kontakt massa qatlamlari; 1–3 – oraliq issiqlik almashtirgichlar; 4 – tashqi issiqlik almashtirgich; 5–7 – gaz jo'niraklari.

4.10-rasmda jihoz unumdorligi sutkasiga 540 t sulfat kislota bo'lgan oraliq issiqlik almashtirgichli kontakt jihozi tasvirlangan. Bu jihozda birinchi (I) qatlamdan so'ng gazni sovutish sovuq sulfatli gaz qo'shish

orqali amalga oshiriladi. Gaz ikkinchi, uchinchi va to'rtinchi (II-IV) qatlamlardagi kontakt massalaridan o'tgan so'ng kontakt jihoziga mahkamlangan oraliq issiqlik almashtirgichlarda (1-3) sovutiladi. Kontakt jihozining ichki diametri 8,5 m ni, umumiy balandligi 19,6 m ni tashkil etadi.

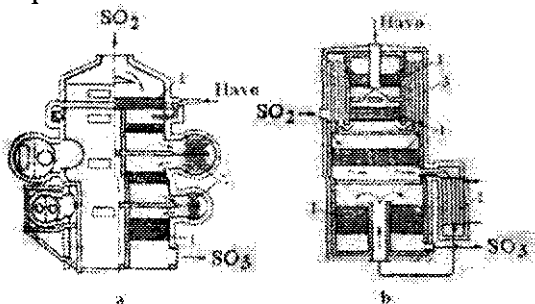


4.10-rasm. Birinchi qatlamdan so'ng sovuq gaz qo'shiladigan kontakt jihozi:

I-IV – kontakt massa qatlamlari; 1-3 – oraliq issiqlik almashtirgichlar; 4 – aralashtirgichlar; 5 – kvarts qatlamlari (15-20 mm).

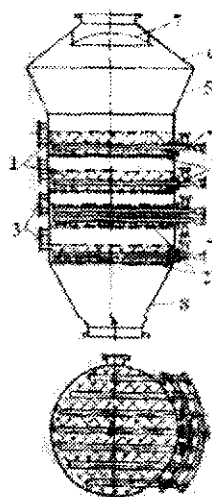
Qaynovchi qatlam pechlarida kolchedan kuydirilganda yuqori konsentratsiyali sulfit angidridli kuyundi gazi olinadi. Bu holda kontakt massaning birinchi qatlamida oksidlanish gazdagi SO_2 ning katta konsentratsiyasi (10-12%) da olib boriladi, ikkinchi qatlamdan oldin esa unga atmosfera havosi kiritish orqali SO_2 miqdori kamaytiriladi va kislorod miqdori oshiriladi (4.11-rasm). Bunday jihozda gazdagi SO_2 konsentratsiyasi kamayishi bilan bir vaqtda gazning harorati ham pasayadi,

bu esa kontakt massa birinchi qatlamidan so'ng issiqlik almashtirgich bo'lishini istisno qiladi.



4.11-rasm. Birinchi qatlamdan so'ng havo kiritiladigan «Lurgi» firmasining kontakt jihozi:

a – tashqi issiqlik almashtirgichli; b – halqasimon (ichki) issiqlik almashtirgichli; 1 – kontakt massa qatlami; 2 – tashqi issiqlik almashtirgich (b rasmda – oraliq sovutgich); 3 – halqasimon issiqlik almashtirgich.



4.12-rasm. Kontakt massasi qaynovchi qatlamli kontakt jihozi:

1 – kontakt massa; 2 – gaz taqsimlash to'ri; 3 – lyuklar; 4 – sovutgichlar; 5,8 – diffuzorlar; 6 – konfuzor; 7 – so'ndirgich.

Kontakt massasi qaynovchi qatlamli kontakt jihozida (4.12-rasm), gaz, pastdan yuqoriga gaz taqsimlash to'rlariga (2) joylashtirilgan kontakt massa qatlamlari orqali birin-ketin o'tadi. Reaksiyaning ortiqcha issiqligi suvli sovutgichlarda (4) chiqarib olinadi. Katalizatorning favvorali otilib

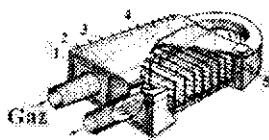
chiqib ketishini oldini olish uchun jihozning yuqori qismida kengayish (diffuzor) (5), konfuzor (6) va so'ndirgichlar (7) ham e'tiborga olingan. Gaz tarkibida 7% SO₂ bo'lganda kontakt massaga kirishda gazning harorati – tinch kontakt massa qatlamli jihozlardagi 440°C o'rniga 360°C ni tashkil etadi. SO₂ konsentratsiyasining ortishi bilan gazning harorati kirishda yanada pasaytiriladi. Suvli sovutgichda issiqlik uzatish koeffitsienti – odatdagi issiqlik almashtirgichlardagi 20-40 kJ/(m²·soat·grad) o'rniga 420-850 kJ/(m²·soat·grad) ni tashkil etadi.

Kontakt bo'linmasining uskunalar bilan jihozlanishi va texnologik tartibi (rejimi) xomashyodan foydalanish koeffitsientini (u kontaktlanish darajasiga bog'liqdir), elektroenergiya sarfini (u kontakt jihozining gidravlik qarshiligiga bog'liqdir) va boshqa sulfat kislotali tizimlar ko'rsatkichlarini aniqlaydi.

Issiqlik almashtirgich jihozlari. Sulfat kislotali tizimlarning kontakt bo'linmasida turli xil konstruksiyadagi issiqlik almashtirgichlar, angidridli sovutgich, qizdirgichlar ishlatiladi. Ular orqali jarayonning maqbul (optimal) harorati ushlab turiladi.

4.13-rasmda quyidagi texnik tavsifga ega bo'lgan elektrik qizdirgich tasvirlangan:

Qizdiriladigan gaz hajmi, m ³ /s	3000
Gazning harorati, °C	
qizdirgichgacha	50
qizdirgichdan keyin	520
Ishga tayyorlash vaqti, min	10-15
Qizdirish yuzasi, m ²	13,1
O'lchamlari, m	3,88x1,79x1,05



4.13-rasm. Elektrik qizdirgich:

1 – korpus; 2 – qopqoq; 3 – qizdirgich elementlarining yakuni; 4 – qizdirgich elementlari; 5 – issiqlik izolyatsiyasi.

Qizdirgich issiqlik izolyatsiyali po'lat jihoz bo'lib, u to'siqlar bilan ikki bo'limga ajratilgandir. Har bir bo'limda alohida nixromli simdan iborat (simning umumiy massasi 50 kg) qizdirgich elementlari (har birida 51 tadan) joylashtirilgan.

Kontaktlanishning texnologik tartibi. Yuqori kontaktlanish foizi hamda qizdirgichni ishga tushirmagan holda sistemani xattoki oz fursat to'xtalilganda va gazdagi SO_2 konsentratsiyasi pasayganda ham uning barqaroraligini ta'minlaydigan sistemadagi ortiqcha issiqlik – kontakt bo'linmasi yaxshi ishlashining asosiy ko'rsatkichlari hisoblanadi. Kontaktlanish darajasi, asosan, harorat rejimiga bog'liqdir. Kontakt bo'linmasidagi barcha uskunalar harorati aniq tartibga solinsa, doimiy yuqori kontaktlanish darajasida ishlash mumkin bo'ladi.

Quyida oraliq issiqlik almashtirgich orqali ishlaydigan to'rt qatlamli kontakt jihozi bilan ta'minlangan kontakt bo'linmasining texnologik tartib me'yorlari keltirilgan:

O'txona gazlarining harorati, $^{\circ}\text{C}$	700 dan yuqori emas
O'txona gazlari haroratining mumkin bo'lgan o'zgarish chegarasi, grad/soat	100 dan ko'p emas
Gazning harorati, $^{\circ}\text{C}$	
kontakt massa birinchi qatlamiga kirishda	440-450
birinchi qatlamdan chiqishda	600 dan yuqori emas
ikkinchi qatlamga kirishda	460-470
uchinchi qatlamga kirishda	440-445
to'rtinchi qatlamga kirishda	415-420
Gazdagi SO_2 konsentratsiyasi, %	$7,5 \pm 0,2$

Boshlang'ich ma'lumotlar:

Kontakt jihozi unumdorligi A , t/soat H_2SO_4	10
Konsentratsiya, %:	
gazdagi SO_2 (a)	7
gazdagi O_2 (b)	11
Gazning hajmi V , m^3/soat	33200
	(9,2 m^3/sek)
Oxirgi kontaktlanish darajasi x	0,98

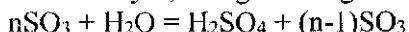
Oraliq issiqlik almashtirgich bilan ishlaydigan to'rt qatlamli kontakt jihoziga donadorlangan kontakt massa to'ldirilgan va quyidagi tartibda ishlaydi:

	I qatlam	II qatlam	III qatlam	IV qatlam
Kontakt massaga kirishda gazning harorati, $^{\circ}\text{C}$	450	460	440	418
Kontaktlanish darajasi	0,70	0,90	0,96	0,98
Kontakt massa qo'shinchasining koeffitsienti (c)	2	1,5	1,2	1,2

2-§. Sulfat angidridni absorbsiyalash

Gazlar aralashmasidan sulfat angidridni ajratib olishning fizik-kimyoviy asoslari. Kontakt usulida sulfat kislota ishlab chiqarish jarayonining oxirgi bosqichi gazli aralashmadan sulfat angidridni ajratib olish va uni sulfat kislota ga aylantirish hisoblanadi. Kontakt jihoziga kelishdan oldin gazni quritish lozimligi yoki quritilmasligiga qarab sulfat angidridni ajratib olish jarayoni farqlanadi: birinchi holatda SO_3 sulfat kislota bilan absorbsiyalanadi, ikkinchi holda esa sulfat kislota kondensatsiyalanadi.

Ko'pgina ishlab chiqarish korxonalarida gaz quritiladi va sulfat angidrid sulfat kislota bilan minoralar (absorberlar) da absorbsiyalanadi. Sulfat angidrid sulfat kislota da eriydi, so'ngra undagi suv bilan birikadi:



Suv va sulfat angidrid miqdoriy nisbatiga bog'liq holda turli xil konsentratsiyadagi sulfat kislota hosil bo'ladi. $n>1$ da oleum $n = 1$ (monogidrat) da 100% li sulfat kislota, $n<1$ da esa sulfat kislota ning suvli eritmasi, ya'ni suyultirilgan sulfat kislota hosil bo'ladi.

Absorbsiyalashdan so'ng gazlar aralashmasi yutilmagan sulfat angidrid bilan atmosfera ga chiqarib yuboriladi. Bu gazlar aralashmasi tarkibidagi yo'qotiladigan SO_3 miqdorini kamaytirish uchun absorbsiya bo'linmasida sulfat angidrid absorbsiyasini yetarlicha to'la amalga oshirilishini ta'minlash lozimdir.

Kontakt ishlab chiqarish korxonalarida barcha mahsulotlar (yuvuvchi kislota dan tashqari) oleum tarzida ishlab chiqariladi. Oleum sulfat kislota ning boshqa texnik navlaridan farqlanib, qimmatbaho mahsulot hisoblanadi. Agar oleumga talab bo'lmasa, uni 93-95% li sulfat kislota gacha suyutililadi.

Oleum olish uchun tarkibida SO_3 tutgan gaz oleum sachratiladigan minora (oleumli absorber) orqali o'tkaziladi. U yerda sulfat angidridning bir qismi yutiladi, uning qolgan qismi esa ikkinchi absorber, ya'ni monogidrat sachratiladigan minora (monogidratli absorber) da absorbsiyalanadi. Oleumning konsentratsiyasi ortib borishi bilan (SO_3 yutilishi hisobiga) unga monogidratli absorberdan uzatiladigan kislota qo'shiladi. Hosil bo'ladigan oleumning ortiqcha miqdori omborga uzatiladi. Shunday qilib barcha mahsulotni oleum tarzida ishlab chiqarish ta'minlanadi.

Mahsulot sifatidagi oleum tarkibida 18,5% dan kam bo'lmagan SO_3 (erkin) bo'lishi kerak, bunday oleumdan oleumli absorberda

foydalaniladi. Monogidratli absorberda sachratiluvchi sulfat kislota konsentratsiyasi 98,3% ni tashkil etadi. Bunday konsentratsiyali kislota sulfat angidridni juda yaxshi absorbsiyalaydi, chunki bu eritma ustidagi SO_3 ning bug' bosimi juda ham kam bo'ladi.

98,3% H_2SO_4 dan past konsentratsiyali kislota ustida gazli aralashmada suv, yuqori konsentratsiyali kislota — sulfat angidrid bo'ladi. Bu holatlarda sulfat angidridning absorbsiyalanishi yomonlashadi. SO_3 ning to'liq absorbsiyalanishi ma'lum darajada sulfat kislota haroratiga ham bog'liqdir: harorat qanchalik past bo'lsa, absorbsiyalanish darajasi ham shunchalik yuqori bo'ladi.

Tarkibida sulfat angidrid bo'lgan kontaktli gaz aralashmani konsentratsiyasi 98,3% H_2SO_4 dan past bo'lgan kislota bilan qayta ishlashda sulfat angidridning bir qismi suv bug'i bilan birikib, sulfat kislota bulutini hosil qiladi. Uni oddiy absorbsion qurilmalar bilan tutib qolish qiyindir va uning asosiy qismi chiqindi gazlari bilan atmosferaga chiqib ketadi. Bunda mo'rili quvurdan chiqadigan gaz tutun tarzida ko'rinadi. Sulfat kislota konsentratsiyasi qanchalik kichik va uning harorati baland bo'lsa, undan shunchalik ko'p suv bug'i chiqadi, ko'p miqdordagi tuman hosil bo'ladi va SO_3 ning yo'qotilishi ortadi. Kontaktli gazni 98,3% H_2SO_4 dan yuqori konsentratsiyali kislota bilan absorbsiyalashda sulfat angidrid to'la yutilmaydi, chunki bu kislota dan SO_3 ajraladi. Bu holda ham chiqindi gazlari atmosferani bir qism sulfat angidrid bilan ifloslantiradi, u esa havodagi namlik bilan birikib sulfat kislota bulutlarini hosil qiladi.

Shunday qilib, ikkala holda ham sulfat angidridning absorbsiyasi yomonlashadi va H_2SO_4 buluti hosil bo'ladi.

4.14-rasmda monogidratli absorberda sulfat angidrid absorbsiyalanish darajasining sachratiladigan kislota konsentratsiyasi va haroratiga bog'liqligi tasvirlangan.

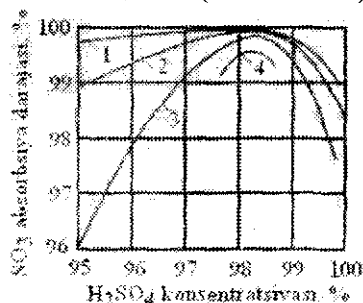
Rasmdan ko'rinadiki, 98,3% li sulfat kislota yuqori darajada absorbsiyalash xususiyatiga ega. Undan past yoki yuqori konsentratsiyali kislota harorat oshirilganda ham pasayishini kuzatish mumkin.

Oleumli absorberda SO_3 ni oleum bilan absorbsiyalashda ham absorbsiyaning harakatlantiruvchi kuchi kamayishi hisobiga haroratning ortishi bilan yomonlashadi. U quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\Delta p = \frac{(p_1 - p_2) - (p_1'' - p_2'')}{2,3 \lg \frac{p_1' - p_2'}{p_1'' - p_2''}}$$

bu yerda: p_1' va p_1'' – absorbsiyadan oldingi va keyingi gazdagi SO_3 ning parsial bosimi, n/m^2 (mm.sim.ust.);

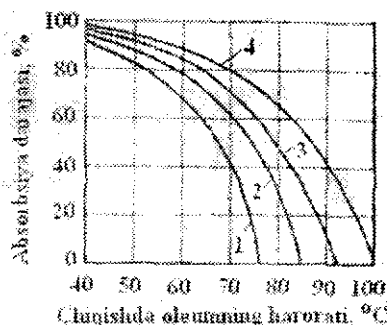
p_2' va p_2'' – gazning absorberga kirishda va undan chiqishda oleum ustidagi SO_3 muvozzatli bosimi, n/m^2 (mm.sim.ust.).



4.14-rasm. Monogidratli absorberda turli haroratda sulfat angidridning absorbsiyalanish darajasi:

1 – 60°C da; 2 – 80°C da; 3 – 100°C da; 4 – 120°C da.

4.15-rasmda 20% li oleum sachratiladigan oleumli absorberda sulfat angidrid absorbsiyasining haroratga bogʻliqligi keltirilgan.



4.15-rasm. Oleumli absorberda gazdagi SO_3 miqdoriga bogʻliq holdagi sulfat angidridning absorbsiyasi:

1 – 5% SO_3 da; 2 – 7,5% SO_3 da; 3 – 10% SO_3 da; 4 – 15% SO_3 da

Bu tasvirdan koʻrinadiki, haroratning ortishi bilan SO_3 absorbsiyalanish darajasi keskin kamayadi va maʼlum harorat (7,5% SO_3 da 84°C, 5% SO_3 da 76°C) da absorbsiyalanish toʻla toʻxtaydi. 60°C haroratda 33% SO_3 (erkin) boʻlgan oleum olingani holda, 90°C haroratda atigi 14% SO_3 (erkin) boʻlgan oleum olish mumkin.

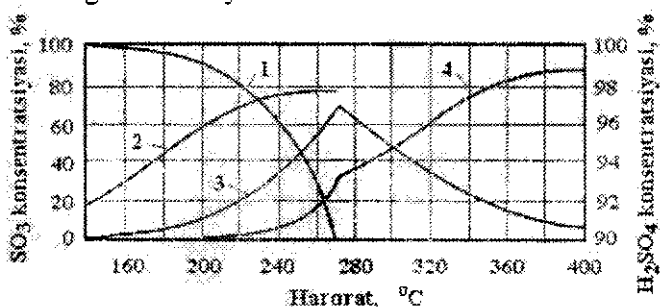
Nam kataliz usuli bilan sulfat kislota olishda kontakt bo'linmasidan chiqadigan gaz tarkibidagi suv H_2SO_4 hosil bo'lishi uchun kerak bo'ladigan suvdan ko'p bo'ladi. Shuning uchun kontakt gazini sovutilganda sulfat angidrid suv bug'i bilan sulfat kislota bug'iga aylanadi, so'ngra u minorada kondensatsiyalanadi. Shunday qilib, nam kataliz jarayonida SO_3 ning absorbsiyalanishi emas, balki sulfat kislota bug'larining kondensatsiyalanishi sodir bo'ladi. Agar gazdagi suv bug'ining miqdori oz bo'lsa, kondensatsiyalanish va absorbsiyalanish jarayonlari bir paytda sodir bo'ladi.

Gazning harorati $400^{\circ}C$ dan yuqori va undagi SO_3 va H_2O birgalikda bo'lganda (masalan, ho'l kataliz usuli bilan sulfat kislota olishdagi kabi) gaz tarkibida sulfat kislota bug'lari bo'lmaydi, chunki bunday sharoitda ular amalda to'la dissotsilanadi. Gaz suvutilganda:



muvozanat sulfat kislota bug'lari hosil bo'lish tomonga siljiydi, u esa keyingi bosqichda sovutilganda kondensatsiyalanadi.

4.16-rasmda tarkibida 6,29% SO_3 va 10,09% H_2O bo'lgan gazlar aralashmasi uchun sistemaning muvozanat holatida SO_3 , H_2SO_4 (gaz) va H_2SO_4 (suyuq) orasidagi nisbat tasvirlangan. Diagrammadan ko'rinadiki, sulfat kislota kondensatsiyasi $273^{\circ}C$ da boshlanadi va $150^{\circ}C$ da amalda tugallanadi. Sulfat kislota kondensatsiyasi boshlangan paytda uning bug'larining kariyib 30% qismi dissotsiatsiyalangan bo'ladi (SO_3 egri chizig'iga qarang); $240^{\circ}C$ da dissotsilanish darajasi 5% gacha pasayadi. $150^{\circ}C$ da kondensatsiyalanayotgan kislota konsentratsiyasi 97,5% dan 92% gacha kamayadi.



4.16-rasm. $SO_3 + H_2O \rightleftharpoons H_2SO_4(gaz) \rightleftharpoons H_2SO_4(suyuq)$ sistemasining holat diagrammasi:

1- H_2SO_4 (suyuq); 2- H_2SO_4 (kondensat); 3- H_2SO_4 (gaz); 4- SO_3 .
(gazlar aralashmasi tarkibida 6,29% SO_3 va 10,09% H_2O bo'ladi).

Sulfat kislota bug'larining kondensatsiyasi to'ldirgichli suyuqlik taqsimlanadigan minoralarda (skrubberlarda), quvurli kondensatorlarda, barbotajli jihozlarda amalga oshiriladi. Ko'rsatib o'tilgan barcha jihozlardagi bu jarayonning mexanizmi bir xildir va bu tarkibida bug' tutgan gazli aralashmaning sovuq suyuqlik yoki kondensat plyonkasi bilan bevosita to'qnashishidan iboratdir. Shu bilan bir paytda bug'ning bir qismi kondensatsiyalanadi va bo'shliqda tuman hosil qiladi. Masalan, nam kataliz usuli bo'yicha sulfat kislota ishlab chiqarishda sulfat kislota bug'larining 35% qismi tumanga aylanadi.

Minorali quritgichdan so'ng gaz tarkibida 0,01% suv bug'i qoladi, kontakt jihozidan so'ng esa ko'p miqdordagi SO_3 bo'ladi, shuning uchun gaz sovutilganda barcha suv bug'i H_2SO_4 bug'lariga aylanadi, uning konsentratsiyasi 0,01% yoki $5,75\text{q g/m}^3$ (q – gazdagi suv bug'ining tarkibi, g/m^3) ni tashkil etadi.

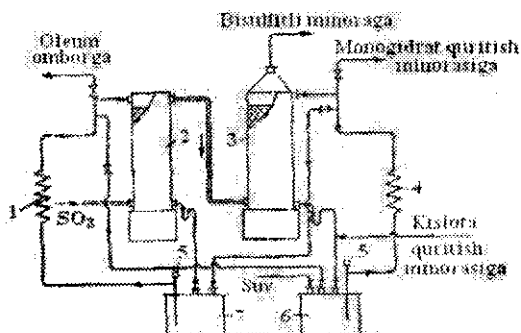
Sulfat kislota bug'lari absorberning to'ldirgichlari sirtida kondensatsiyalanadi. Taqsimlanuvchi kislota konsentratsiyasi juda past yoki gazning namligi yuqori bo'lganda sulfat kislota bug'larining bir qismi bo'shliqda tuman hosil qilib kondensatsiyalanadi, u esa absorberlarda to'la cho'kmaydi va atmosferaga chiqib ketadi.

Zamonaviy kontaktli sulfat kislota ishlab chiqarish korxonasining absorbsiyalash bo'linmasi. Sulfat kislota suyuqligi taqsimlanadigan to'ldirgichli skrubber – minoralarda ham, barbotaj turidagi jihozlarda ham kislota qatlamidan gaz o'tadigan joylarda sulfat kislota gazli aralashmadan faqat sulfat angidridni yutadi, gazning qolgan qismi absorberlar orqali o'tib atmosferaga chiqib ketadi. Odatda sulfat angidrid ikkita parallel biriktirilgan: birinchisi – oleumli va ikkinchisi monogidratli absorberlarda yutiladi.

4.17-rasmda absorbsiya bo'linmasining tasviri ko'rsatilgan. Kontakt bo'linmasidan chiqadigan gaz oleumli absorberga (2) tushadi. Sulfat angidridni yutishi natijasida H_2SO_4 hosil bo'lish reaksiyasining issiqligi hisobiga oleum qiziydi. Qaynoq konsentrlangan oleum absorberdan (2) yig'gichga (7) oqib tushadi, u yerda suyultirish uchun oz miqdordagi monogidrat qo'shiladi. Yig'gichdan (7) oleum sovutgich (1) orqali absorberga (2) suyuqlik taqsimlash uchun so'rib olinadi. Oleumning bir qismi muntazam ravishda omborga yoki kuporos moyi tayyorlashga yuboriladi.

Oleumli absorberdan (2) chiqadigan gaz 98,3% li sulfat kislota (monogidrat) suyuqligi taqsimlanadigan monogidratli absorberga (3) keladi. Kislota sulfat angidridni yutishi natijasida qiziydi va uning

kondensatsiyalanishi ortadi. Absorberdan (3) monogidrat yig'gichga (6) oqib tushadi, u yerda suyultirish uchun quritish minorasidan keladigan kislota yoki suv qo'shiladi. Qaynoq kislota yig'gichdan (6) sovutish uchun monogidratli sovutgichga uzatiladi va yana monogidratli absorberga (3) suyuqlik taqsimlash uchun kelib tushadi. Monogidratning bir qismi muntazam ravishda yig'gich (7) va quritish minorasiga uzatiladi. Monogidratli absorberdan chiqadigan gazlar ammiakli suv taqsimlanadigan absorberlarga (bisulfitli minoraga) uzatiladi va zararsizlantiruvchi filtrlar orqali yoki to'g'ridan-to'g'ri atmosferaga chiqarib yuboriladi.



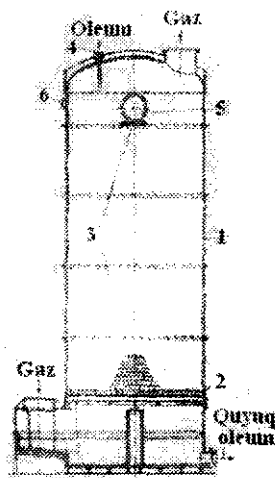
4.17-rasm. Absorbsiya bo'linmasining tasviri:

1 – oleumli sovutgich; 2 – oleumli absorber; 3 – monogidratli absorber; 4 – monogidratli sovutgich;
5 – botirma nasoslar; 6 – monogidrat yig'gichi; 7 – oleum yig'gichi.

Oleumli absorberda SO_3 barcha miqdorining 70% qismi yutiladi va buning hisobiga monogidratli absorberlarning quvvatini pasaytirishga erishiladi.

Oleumli (birinchi) absorber. Kontakt jihozidan chiqadigan gazlar oleumli absorberga keladi (4.18-rasm). U vertikal po'lat silindr (1) shaklida tayyorlangan to'ldirgichli skrubber ko'rinishida bo'ladi. Uning ostki qismida halqali panjara (2) bo'ladi, unga to'ldirgichlar (po'lat yoki sopol halqachalar) joylashtirilgan.

Oleumli absorberning o'lchami va unga suyuqlik taqsimlash uchun uzatiladigan oleumning miqdori sulfat kislotali tizimlar unumdorligiga bog'liqdir. Odatda 1 t/s mahsulot ishlab chiqarish uchun to'ldirgichdagi gazning tezligi 1 m/sek va absorber tirqishlarining 1 m² ga suyuqlik taqsimlash zichligi 10-12 m² bo'lganda absorberdagi to'ldirgich yuzasi 600 dan 1000 m² bo'lishi talab etiladi.



4.18-rasm. Oleumli absorber:

1 – po‘lat silindr; 2 – halqali to‘r; 3 – to‘ldirgich; 4 – oleum taqsimlagich;
5 – to‘ldirgichni yuklash va tushirish uchun tirqish; 6 – kuzatish oynasi.

Monogidratli (ikkinchi) absorber. Bu absorber ham xuddi quritish minorasi kabi o‘rnatilgan va 98,3% li sulfat kislota suyuqligi taqsimlanadi. Kislota ning absorberdan o‘tishi paytida sulfat angidridni yutadi, uning konsentratsiyasi 98,7-99% H_2SO_4 gacha ortadi. Monogidrat yig‘gichida kislota suv yoki quritgich kislota bilan boshlang‘ich konsentratsiyagacha suyultiriladi va sovutgich orqali yana monogidratli absorberga suyuqlik taqsimlanadi.

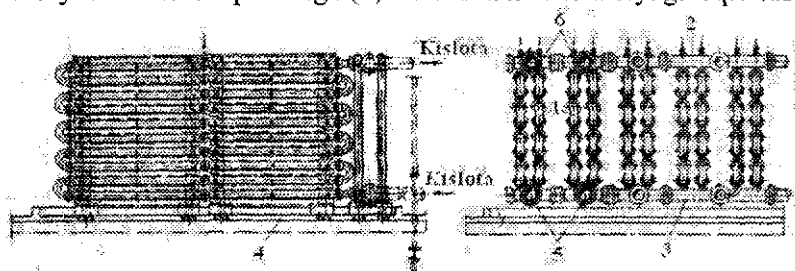
Monogidratli absorberning o‘lchami va taqsimlash uchun beriladigan monogidrat miqdori odatda oleumli absorberdagi kabidir yoki undan bir oz kattadir (to‘ldirgich yuzasi $1200 \text{ m}^2/\text{t}\cdot\text{s}$ va suyuqlik taqsimlash zichligi $20 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{s}$).

Oleum va monogidrat yig‘gichlari tegishlicha absorberlarga biriktirilgan bo‘ladi. Ular turli hajmdagi (kichik quvvatdagi zavodlarda 10 m^3 , katta korxonalarda 50 m^3) idishlardan iboratdir. Oleumli va monogidratli yig‘gichlar po‘latdan tayyorlangan va ularning ichki qismi kislota ga chidamli plitkalar bilan himoyalangan bo‘ladi.

Kislota sovutgichlari. Absorberlarda sulfat angidridni yutilishida ko‘p miqdorda issiqlik ajraladi, buni oqibatida taqsimlanadigan kislota qizib ketadi, uni esa sovutish kerak bo‘ladi. Bu maqsadda sug‘orish va quvurniqobli sovutgichlar ishlatiladi. Kontaktli sulfat kislota ishlab

chiqarishda ta'mirlash qiyinligi uchun spiral sovutgichlar keng ko'lamda ishlatilmaydi. Oleumli va monogidratli absorberlarning suyuqlik taqsimlanadigan sovutgichlari tuzilishi jihatdan bir-biriga o'xshaydi. faqatgina bo'lmalari soni va ular tayyorlanadigan materiali bilan farqlanadi. Oleumli sovutgich po'latdan, monogidratli sovutgich cho'yandan yoki kislotaga chidamli po'latdan tayyorlanadi.

4.19-rasmda to'rtta bo'lmadan (1) iborat va po'lat taglikka o'rnatilgan monogidratli sovutgich tasvirlangan. Har bir bo'lmada ikki vertikal qatorda parallel quvurlar bo'ladi. Quvurning yuqori qismi kollektorga (2), pastki qismi kollektorga (3) mahkamlangan. Quvurlarning har bir qatorida tarnovlar bo'lib, quvur ustidan sovutuvchi suv oqadi va suv yog'och yoki beton ariqchalarga (4) va undan kanalizatsiyaga oqib tushadi.



4.19-rasm. Monogidratli sovutgich:

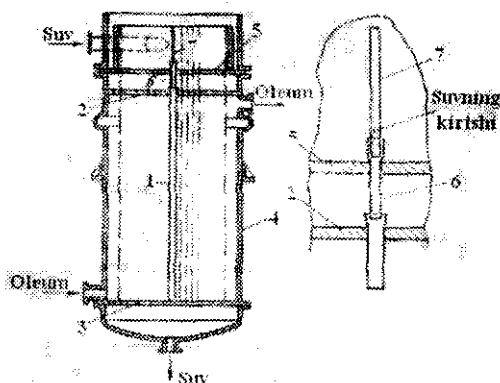
1 – sovutgich bo'lmalari; 2,3 – yuqori va ostki kollektorlar; 4 – ariqcha;
5 – kislota chiqish shtutseri; 6 – kislota kirish shtutseri.

Qaynoq kislota pastki kollektorga (3) shtutser (6) orqali kelib tushadi, parallel oqimdagi quvurlar bo'yicha taqsimlanadi va yuqori kollektorda (2) shtutser (5) orqali chiqqan kislota yig'ib olinadi.

4.20-rasmda oleumni quvurniqobli sovutgichi tasvirlangan. U ajratilgan po'lat quvurlar (1), quvurlar to'rtli panjaralar (2 va 3) hamda po'lat niqobdan (4) iboratdir. Oleum quvurlararo bo'shliq orqali, suv esa quvurlar orqali harakatlanadi. Oleumning suv bilan to'qnashishini oldini olish maqsadida qo'shimcha to'rtli panjara (5) o'rnatiladi, ular qisqa po'lat quvurlar 6 orqali mahkamlanadi.

Kislota aralashtirgichlari. Konsentrlangan kislota (oleum yoki monogidrat) ga suv qo'shib har qanday konsentratsiyadagi kislota olinadi. Konsentrlangan sulfat kislota suv bilan aralashtirilganda ko'p miqdordagi issiqlik ajraladi, buning natijasida kislota qaynash darajasigacha qiziydi va ko'p miqdordagi bug' ajralishi hamda idishdagi kislota tashib ketishi kuzatiladi. Shuning uchun kislota aralashtirgichlar deb ataluvchi mahsus

jihozlarda ehtiyotkorlik choralariga amal qilgan holda suv bilan suyultiriladi.



4.20 – rasm. Oleumning quvurli sovutgichi:

1 – po‘lat quvurlar; 2,3 – to‘rli panjaralar; 4 – po‘lat niqob; 5 – qo‘shimcha to‘rli panjara; 6 – qisqa po‘lat quvurlar; 7 – plastmassali quvurlar.

Past konsentratsiyali kislota tayyorlash uchun aralashtirgichlar kislota chidamli materiallardan, yuqori konsentratsiyali kislota tayyorlash uchun esa cho‘yandan tayyorlanadi. Turli ishlab chiqarish korxonalarida har xil turdagi qurilmalar ishlatiladi. Ulardagi sovutish tizimi asosan aralashtirgich qozon yoki quvurning uning niqobi orasidagi bo‘shliqda harakatlanadigan suv oqimi orqali amalga oshiriladi.

Absorbsiyaning texnologik tartibi. Ishlab chiqarish korxonalaridagi absorbsiya bo‘linmasi tizimlari bir-biridan kam farq qiladi, shuningdek ularda ishlatiladigan texnologik tartiblar ham o‘xshashdir. Quyida kontakt zavodlaridan birining absorbsiya bo‘linmasining texnologik tartib o‘lchovlari keltirilgan:

Harorat, °C

oleumli absorberdan chiqishda	60 dan katta emas
monogidratli absorberdan chiqishda	60 dan katta emas
Kislota konsentratsiyasi	
Suyuqlik taqsimlanadigan oleumli absorber, %	
SO ₃ (erkin)	19±1
Suyuqlik taqsimlanadigan kontaktli	
absorber, % H ₂ SO ₄	98,3±0,4
Absorbsiya darajasi, %	99,9 dan kam emas

100% li sulfat angidrid va konsentrlangan oleum olish. Yuqori konsentratsiyali 100% li sulfat angidrid yuqori kimyoviy faollikka ega va

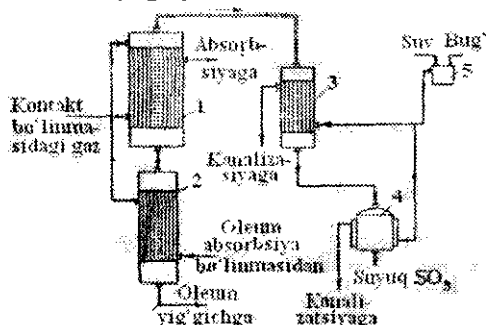
turli xil texnologik jarayonlarda sulfat kislota va oleum o'rnida ishlatiladi. Shuningdek, sulfat angidriddan reaktiv sulfat kislota olinadi.

100% li sulfat angidrid ishlab chiqarishda quyidagi usullar qo'llaniladi:

1. O'txona gazlari bilan qizdiriladigan jihozlarda odatdagi 20% li yoki yuqori konsentratsiyali oleumdan SO_3 ni haydash.
2. 100% li sulfit angidridni katalizator yordamida kislorod bilan oksidlash.
3. Kontakt bo'linmasiga keladigan gazlar issiqligidan foydalangan holda kontakt zavodlarining absorbsiya bo'linmasida aylanuvchi oleumdan SO_3 ni haydash.

4.21-rasmda kontakt zavodlarida 100% li sulfat angidrid olish uchun qurilmaning tasviri ko'rsatilgan.

Tarkibida SO_3 bo'lgan qaynoq gaz kontakt bo'linmasidan issiqlik almashtirgich-bug'latgichning (1) quvurlararo bo'shlig'i orqali uzatiladi, undagi quvurlar orqali esa issiqlik almashtirgichda (2) oldindan qizdirilgan oleum uzatiladi. So'ngra sovutilgan gaz kontakt tizimining odatdagi sxemasi bo'yicha absorbsiyaga yuboriladi.



4.21 – rasm. 100% li sulfat angidrid olish uchun qurilma tasviri:

1 – issiqlik almashtirgich-bug'latgich; 2 – oleumli issiqlik almashtirgich; 3 – sulfat angidrid kondensatori; 4 – suyuq sulfat angidrid yig'gichi; 5 – issiq suv olish uchun rezervuar.

Bug'latgichdan chiqadigan sulfat angidrid miqdori kamaytirilgan qaynoq oleum issiqlik almashtirgichga (2) tushadi, u yerda absorbsion bo'linmadan uzatilgan oleumga issiqligini uzatadi, so'ngra esa birinchi (oleumli) absorberning yig'gichiga uzatiladi, u yerda yana dastlabki konsentratsiyasigacha sulfat angidrid bilan to'yinadi. Oleumni qizdirilishidan hosil bo'ladigan gaz holatdagi sulfat angidrid

kondensatorga (3) so'rib olinadi, u yerga yig'gichdan (4) suyuq SO_3 tushadi. Yig'gich suvli niqob bilan jihozlangan, unga rezervuardan (5) qaynoq bug' bilan $30-40^\circ\text{C}$ gacha isitilgan suv keladi. Bu esa sulfat angidridning muzlashi va kristallanishidan saqlaydi. Shuni ham ta'kidlash lozimki, texnik kristall sulfat angidrid qizdirilganda u suyuqlanmasdan to'g'ridan-to'g'ri gaz holatiga aylanadi (sublimatlanadi).

Yuz foizli sulfat angidrid xona haroratidayoq ($16,8^\circ\text{C}$) kristallanadi, shuning uchun uning olinishi va tashilishi ko'pgina qiyinchiliklar bilan bog'liqdir va ko'pgina hollarda uning o'rniga 65% SO_3 (erkin) bo'lgan yuqori konsentratsiyali oleum qo'llaniladi. Bunday oleumning kristallanish harorati birmuncha past (0°C) dir. Yuqori konsentratsiyali oleum texnik oleumni yuqoridagi ko'rsatilgan usullardan biri bo'yicha olingan gaz holatdagi 100% li SO_3 bilan to'yintirish orqali tayyorlanadi.

Odatdagi sharoitda texnik sulfat angidrid qotish jarayonida o'z-o'zidan polimerlanadi. Shundan so'ng uni atmosfera bosimida qizdirish orqali suyuq holatga o'tkazib bo'lmaydi, vaholanki u to'g'ridan-to'g'ri bug'lanadi. Shuning uchun sulfat angidrid polimerlanishini oldini olish maqsadida suyuq sulfat angidridga stabilizatorlar (B_2O_3 , Na_2SO_4 , KCrO_3 va boshqalar) qo'shiladi. Ammo stabilizatorlar polimerlanishni sekinlashtiradi xolos va ayniqsa manfiy haroratda SO_3 kristallanishini oldini olishga qodir emasdir.

Stabilizator sifatida borat angidrid B_2O_3 keng ko'lamda ishlatiladi. Tarkibida 99,6% SO_3 (qolgani namlik) bo'lgan suyuq sulfat angidridga berk idishda SO_3 hisobidan quruq 0,7-1,0% borat angidrid qo'shiladi (B_2O_3 ning namligi 0,3% dan ko'p bo'lmasligi kerak). Qo'shimcha qo'shilgandan so'ng aralashma $60-70^\circ\text{C}$ gacha qizdiriladi va shu haroratda 3 soat ushlab turiladi.

Borat angidrid stabilizatori bo'lgan suyuq sulfat angidrid uglerodli po'latdan tayyorlangan idishda saqlanadi va xattoki qishda -30°C da ham bir necha oygacha polimerlanmaydi.

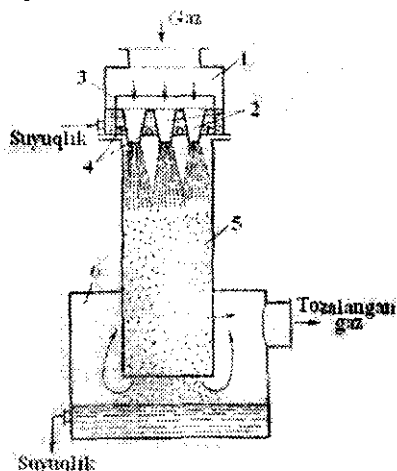
Chiqindi gazlarini zararsizlantirish. Kontaktlanish darajasi 0,97 va absorbsiya to'aliligi 99,9% bo'lganda sulfat kislotali tizimlar chiqindi gazlarining tarkibida 0,2% atrofida SO_2 (5 g/m^3) va 0,007% atrofida SO_3 ($0,3 \text{ g/m}^3$), shuningdek ma'lum miqdordagi absorberdan chiqib ketadigan sulfat kislota tomchilari bo'ladi. Yuqoridagi tarkibga ega bo'lgan gazlardan sulfat kislota tomchilari tutib qolingandan so'ng, gazlarni atmosferaga chiqaruvchi mo'rili quvurning balandligi quyidagi empirik formula bilan ifodalanadi:

$$H = \sqrt{\frac{234q}{\nu c_{\max}}}$$

bu yerda: H – quvur balandligi, m; q – chiqindi gazdagi SO_2 miqdori, g/sek; ν – SO_2 konsentratsiyasi aniqlanadigan balandlikdagi shamol tezligi, m/sek; $c_{\max}$ – yer sirtidagi atmosfera havosidagi SO_2 ning cheklangan konsentratsiyasi, mg/m³.

Agar bu formula bo'yicha hisoblangan quvurning balandligi juda ham uzun bo'lsa, u holda chiqindi gazlari qayta tozalanadi va shundan so'ng quvur orqali atmosfera ga chiqarib yuboriladi.

Absorberlardan keyin gazdan kislota tomchilarini ajratib olish uchun turli tomchi ushlagich qurilmalar o'rnatiladi. To'ldirgichli, ammo kislota suyuqligi taqsimlanmaydigan monogidratli absorber o'lchamidagi minora shaklidagi tomchi ushlagichlar keng tarqalgandir. Kislota tomchilari to'ldirgichlarda ushlanib qoladi va minoraning pastki qismiga oqib tushadi, kislota u yerdan monogidratli absorberdagi yig'gichga chiqarib olinadi. Ayrim korxonalarda monogidratli absorberlarning yuqori qismidagi suyuqlik taqsimlanmaydigan to'ldirgichli qatlami tomchi ushlagich vazifasini bajaradi.



4.22-rasm. Changlatuvchi turdagi jihoz (CHTJ):

- 1 – taqsimlash qutisi; 2 – changlatuvchi konus; 3 – silindr o'zagi; 4 – silindr o'zagidagi tirqishlar; 5 – absorbsiya kamerasi; 6 – separator qurilmasi.

Chiqindi gazlarini SO_2 dan tozalash to'ldirgichli minoralarda amalga oshiriladi, u yerda sulfit ангидрид soda eritmasiga yutiriladi. Bunda hosil

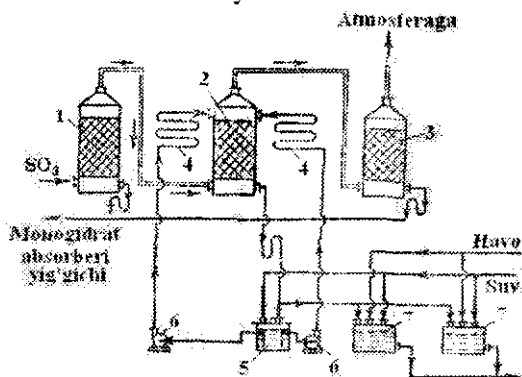
bo'ladigan natriy bisulfit ishlab chiqarish korxonasining mahsuloti hisoblanadi.

Chiqindi gazlaridagi sulfat angidrid bisulfitli mineralarda tutib qolinishi qiyin bo'lgan tuman hosil qiladi. Shuning uchun gazlar ho'l elektrofiltirlarga yuboriladi. Bisulfitli minoradan va elektrofiltirdan o'tgan gazlardan ham sulfat kislota tomchilari ajratiladi.

SO₂ ning absorbenti sifatida ammiakli suv ham ishlatiladi, lekin bunda gazdan sulfat angidridni yuttirish changlatuvchi turdagi jihozlarda (CHTJ) amalga oshiriladi (4.22-rasm). Unda konusdan 20-25 m/sek tezlikda chiqadigan suyuqlik tozalanadigan gaz oqimi bo'yicha changlatiladi.

Yuqori sifatli sulfat kislota olish. Sulfat kislotaaning asosiy miqdori (80% dan ko'p qismi) texnik kontaktli va minerali kislota tarzida olinadi. Sulfat kislotaaning toza navlariga to'g'ri keladigan nisbiy ulushi ham keyingi paytlarda ortib bormoqda. Sulfat kislotaaning toza navlari akkumulyator kislotasi va reaktiv sulfat kislota tarzida ishlab chiqariladi.

4.23-rasmda akkumulyator kislotasi ishlab chiqarish uchun qurilma tasviri ko'rsatilgan. Bunday qurilma monogidrat absorber (2), ikkita tomchi ushlagich (1 va 3) (absorber boshida va oxirida) va yordamchi jihozlardan iborat alohida absorbsiya tizimi ko'rinishida bo'ladi.



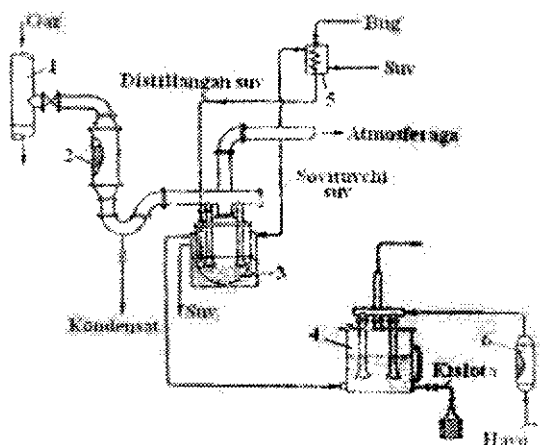
4.23- rasm. Akkumulyator sulfat kislotasi ishlab chiqarish sxemasi:

1,3 – tomchi ushlagichlar; 2 – akkumulyator kislotasi olish uchun monogidratli absorber; 4 – suyuqlik taqsimlanadigan sovutgichlar; 5 – aylanma akkumulyator kislotasining yig'ichi; 6 – nasoslar; 7 – akkumulyator kislotasini chiqarib yuborish yig'ichlari.

Kislota sulfat angidridning absorbsiyalanishi natijasida kislota konsentratsiyasi ortib boradi va u maxsus jihozda olinadigan distillangan suv bilan suyultiriladi. Akkumulyator kislotasining sifatini oshirish uchun

bu qurilmalarga yuqori quvvatli suyuqlik taqsimlanadigan sovutgichlar (4) o'rnatiladi, uning quvurlarida kislota kichik tezlik bilan aralashadi, buning hisobiga quvurlarning korroziyasi sekinlashadi. Bu maqsadda sovutgich quvurlari ferrosilisiddan tayyorlanadi, yig'gich va oraliq idishlar esa kislotabardosh materiallar bilan himoyalangani.

Reaktiv sulfat kislotasi 100% li sulfat angidridni suv bilan suyultirib olinadi. Reaktiv sulfat kislotasini sulfat kislotali tizimlar kontakt bo'linmasidan keladigan gazlardan ham olinadi. U holda barbotajli (yoki skrubberli) absorber bilan jihozlangan kichik absorbsiya qurilmasi va tegishli filtrlar o'rnatiladi (4.24-rasm). Bunday qurilmalarning barcha jihozlari kislotabardosh materiallar yoki emallangan cho'yandan tayyorlanadi.



4.24-rasm. Reaktiv sulfat kislota ishlab chiqarish sxemasi:

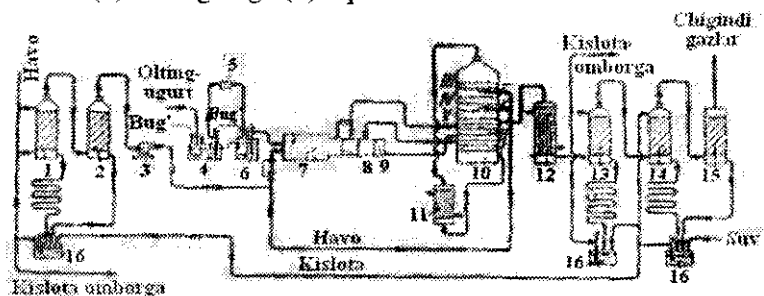
- 1 – oleumli absorber gaz o'tkazgichi; 2 – gaz filtri; 3 – barbotajli absorber;
4 – SO_2 purkash absorberi; 5 – suv bug'i kondensatori; 6 – havo filtri.

3-§. Oltingugurt va boshqa xomashyolardan kontakt usulida sulfat kislota ishlab chiqarish

Oltingugurtdan kontakt usulida sulfat kislota olish. Tarkibida mishyak va selen tutgan oltingugurtdan (masalan, oltingugurt bug'idan) kontakt sulfat kislota ishlab chiqarishning texnologik sxemasi kolchedanni qayta ishlash sxemasidan deyarli farq qilmaydi. Boshqacha aytganda, faqat pech bo'linmasi qayta jihozlangan, unga oltingugurti yoqish uchun tegishli pech o'rnatilgan bo'ladi va quruq elektrofiltrlar bo'lmaydi. Ammo mishyak va selen tutmagan tabiiy oltingugurt ishlatilganda bu sxema

deyarli to'la o'zgaradi. Bu holatda kuyundi gazlarini maxsus tozalash talab etilmaydi hamda shu sababli uning sovutilishi va yuvilishi shart emasdir.

4.25-rasmda tabiiy oltingugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarish sxemasi tasvirlangan. Oltingugurt osti suv bug'i o'tadigan po'lat quvurlardan panjara hosil qilingan bunker-suyuqlantirgichga kelib tushadi. Panjaralarda oltingugurt suyuqlanadi va tindirgichga (4) oqib tushadi, u yerda suyuq oltingugurtdagi muallaq qo'shimchalar tozalanadi. So'ngra oltingugurt nasoslar bilan filtr (5) orqali yig'gichga (6) uzatiladi, u yerdagi nasos uni pechning (7) forsunkasiga yo'naltiradi. Ortiqcha toza oltingugurt yig'gichdan (6) tindirgichga (4) oqib tushadi.



4.25-rasm. Tabiiy oltingugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarish sxemasi:

1 – quritish minorasi; 2 – tomchi ushlagich; 3 – havo purkagich; 4 – tindirgich; 5 – filtr; 6 – toza oltingugurt yig'gichi; 7 – pech; 8 – bug'latgich; 9 – bug'li isitgich; 10 – kontakt jihozi (kontakt massaning I-V qatlamlari); 11 – issiqlik almashirgich; 12 – angidridli sovutgich; 13 – oleumli absorber; 14 – nonogidratli absorber; 15 – tomchi ushlagich; 16 – aylanma yig'gichlar.

Yondirish jarayoni uchun kerakli havo quritish minorasi (1) tomchi ushlagichlardan (2) o'tib pech (7) va kontakt jihoziga (10) purkaladi. Oltingugurt yondirish uchun pech silindrik ko'rinishdagi himoyalangan jihoz bo'lib, undagi yuttirish qozoni (bug'latgich) (8) va bug'li qizdirgich (9) uning oxiri hisoblanadi.

Pechda hosil bo'ladigan 1100-1200°C haroratdagi sulfat anhidrid yuttirish qozonida 440-450°C gacha sovutiladi va besh qatlamli kontakt jihozining birinchi qatlam kontakt massasiga tushadi. Kontakt massasining birinchi qatlamida haroratni to'g'rilab turish uchun gazning bir qismi pechdan to'g'ridan-to'g'ri kontakt jihoziga uzatiladi. Kontakt massa birinchi qatlamidan chiqadigan gaz bug'li qizdirgichga (9), so'ngra kontakt massaning ikkinchi qatlamiga keladi. Kontakt massaning birinchi va ikkinchi qatlami kontakt jihozining pastki qismida joylashgan. Kontakt

massaning ikkinchi qatlamidan chiqadigan gaz birin-ketin issiqlik almashtirgich (11), kontakt massaning uchinchi va to'rtinchi qatlamlaridan o'tadi, undan so'ng quritilgan atmosfera havosi kiritish orqali sovutiladi va so'ngra kontakt massaning beshinchi qatlamiga kiradi.

Kontakt jihozidan chiqadigan gaz angidridli sovutgichda (12) sovutiladi va oleumli (13) va monogidratli (14) absorberlardan iborat hamda tegishli qo'shimcha jihozlari bo'lgan absorbsiya bo'linmasiga yuboriladi.

Tabiiy oltingugurt tarkibida kerosin va bitumlar aralashmasi (flotoreagent qoldiqlari) bo'ladi, ular pechda yonganda suv bug'i hosil qiladi. Oltingugurt tarkibida kerosin va bitumlar miqdori ko'p bo'lganda hosil bo'ladigan suv bug'ining miqdori belgilangan me'yordan ortib ketishi natijasida absorbsiya bo'linmasida sulfat kislotali tuman hosil bo'lishiga va kislotalaning bir qismini chiqindi gazlari bilan yo'qotilishiga olib keladi.

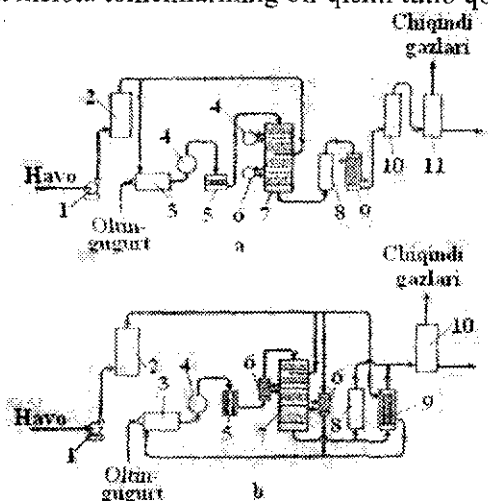
Sulfat angidrid absorbsiyasida tuman hosil bo'lishini oldini olish uchun harorat sulfat kislota (98,3% li H_2SO_4) bilan suyuqlik taqsimlanadigan monogidratli absorberda jihozga kirishda 80-90°C va chiqishda 110-120°C da ushlab turiladi. Haroratning ortishi bilan bug'lanadigan sulfat kislota bug'larining to'yinishi kamayadi va tuman hosil bo'lmaydi yoki uning miqdori anchagina kamayadi.

Tabiiy oltingugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarishning «Monsanto» (AQSH) va «Lurgi» (Germaniya) firmalari tomonidan yaratilgan sxemalari yuqoridagi bayon etilgan sxemadan ayrim texnologik tarmoqlar va jihozlarning joylashishi jihatdan farqlanadi (4.26-rasm).

4.27-rasmda tasvirlangan sulfat kislota ishlab chiqarishning «Xemiko» sxemasi unchalik ko'p ishlatilmasada, o'zining soddaligi bilan ajralib turadi. Qattiq qo'shimchalardan filtrlangan suyuqlantirilgan oltingugurt pechning (4) forsunkasi bilan sachratiladi va ventilyator (3) bilan uzatiladigan havo bilan aralashtirilib yondiriladi. Sulfit angidrid yuttirish qozonida (5) sovutiladi va kontakt jihoziga (6) keladi. Gaz haroratini pasaytirish uchun kontakt massaning birinchidan keyingi qatlamlariga sovuq atmosfera havosi qo'shiladi.

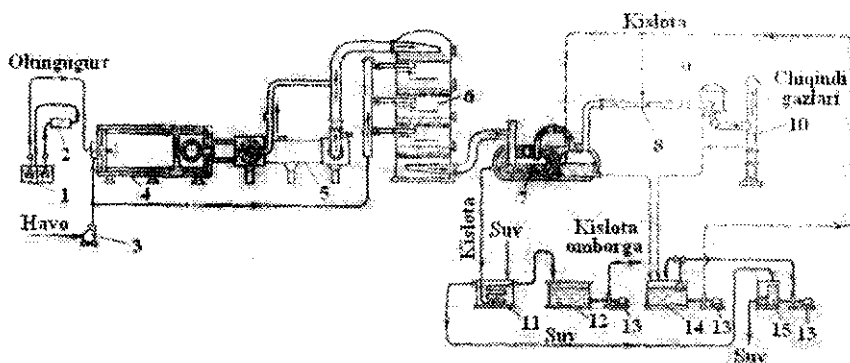
Tarkibida sulfat angidrid tutgan kontakt jihozidan chiqadigan gazlar aralashmasi ikki kameradan iborat barbotajli absorberga (7) yuboriladi. Birinchi kamerada gazlar aralashmasi sulfat kislota qatlami orqali o'tadi va soviydi; bunda gazdagi sulfat angidrid va suv bug'ining asosiy qismi kondensatsiyalanib sulfat kislotaga aylanadi. Ikkinchi kamerada gaz sulfat kislota ustidan o'tish orqali qo'shimcha sovutiladi; bunda qolgan sulfat

kislota bug'ları kondensatsiyalanadi va birinchi kameradan gaz bilan chiqadigan sulfat kislota tomchilarining bir qismi tutib qolinadi.



4.26-rasm. Oltinugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarish sxemasi:

- a – «Monsanto» firmasi sxemasi: 1 – havo purkagich; 2 – quritish minorasi; 3 – oltinugurt yondirish pechi; 4 – yutirish qozonlari; 5 – gaz filtri; 6 – bug'li qizdirgich; 7 – kontakt jihozi; 8 – yutirish qozonlaridan ta'minlanadigan suvli qizdirgich; 9 – angidridli sovutgich; 10 – oleumli absorber; 11 – monogidratli absorber;
- b – «Lurgi» firmasi sxemasi: 1-5, 7, 8 – a sxema bo'yicha; 6 – issiqlik almashtirgich; 9 – havo qizdirgich; 10 – monogidratli absorber.



4.27-rasm. Oltinugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarishning

«Xemiko» sxemasi:

- 1 – oltinugurt suyuqlantirgich; 2 – filtr; 3 – ventilyator; 4 – oltinugurt yondirish pechi; 5 – yutirish qozoni; 6 – kontakt jihozi; 7 – absorber; 8 – Venturi quvuri; 9 – siklon; 10 – mo'rifi quvur; 11 – kislota sovutgich; 12 – mahsulot kislotasini yig'gich; 13 – nasoslar; 14 – kuchsiz kislotani yig'gich; 15 – suv yig'gich.

Absorberdan chiqadigan gaz Venturi quvuri (8) orqali siklonga (9) yuboriladi. Venturi quvurida gaz yuqori tezlikda harakatlanadi va unga forsunkalar orqali suyultirilgan sulfat kislota purkab turiladi. Gaz bilan suyuqlikning intensiv aralashishi natijasida sulfat kislota tomchilari yiriklashadi va siklonda (9) cho'ktirilib kuchsiz kislota eritmasi olinadi. Siklondan chiqadigan gaz mo'rili quvur (10) orqali atmosferaga chiqarib yuboriladi.

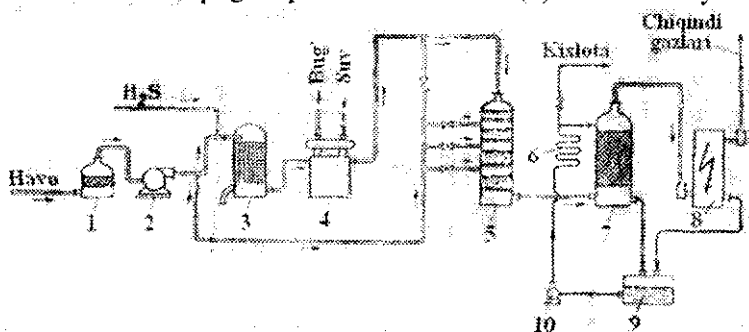
Absorberning (7) birinchi kamerasidan chiqadigan mahsulot sifatidagi 93-97% li kislota sovutgichga (11), so'ngra yig'gichga (12) tushadi, u yerdan tayyor mahsulot omboriga yuboriladi. Absorberning (7) ikkinchi kamerasida yig'iladigan kislota birinchi kameraga oqib tushadi. Agar kerak bo'lsa uni yig'gichga (14) uzatiladi, u yerda suv bilan suyultiriladi va Venturi quvuri 8 va absorberning ikkinchi kamerasiga beriladi.

Nam kataliz usuli bilan vodorod sulfiddan kontakt usulida sulfat kislota olish. Nam katalizning mohiyati shundan iboratki, sulfat gazi tarkibidagi SO_2 tarkibida anchagina miqdorda suv bug'lari bo'ladi, u vanadiyli katalizatorida sulfat angidridga oksidlanadi. Gazli aralashma keyinchalik kondensatorida sovutiladi, u yerda hosil bo'ladigan sulfat kislota bug'lari kondensatsiyalanadi. Bu usul bo'yicha sulfat angidridni sulfat angidridga oksidlash suv bug'i ishtirokida amalga oshiriladi, shu sababli bu usul ho'l kataliz usuli deyiladi.

Konsentrlangan vodorod sulfiddan sulfat kislota ishlab chiqarish sxemasi 4.28-rasmda tasvirlangan. Vodorod sulfid yondirish uchun pechga (3) ventilyator (2) orqali uzatiladigan havo bilan aralashmasi beriladi. Pechdan 1000°C haroratda chiqadigan gaz yuttirish qozoniga (4) keladi, u yerda gaz issiqligidan bug' olish uchun foydalaniladi. 450°C haroratgacha sovutilgan gaz oraliq issiqlik almashtirgichli kontakt jihoziga (5) uzatiladi. Kontakt massa orasidan o'tadigan gazning haroratini pasaytirish uchun unga atmosfera havosi kiritiladi.

Tarkibida SO_3 va suv bug'i tutgan kontakt jihozidan chiqadigan gaz halqali to'ldirgich to'ldirilgan va sulfat kislota bilan suyuqlik taqsimlanadigan minorali kondensatorga (7) keladi. Taqsimlanadigan kislotaning harorati minoraga kirishda $50-60^{\circ}\text{C}$, minoradan chiqishda esa $80-90^{\circ}\text{C}$ ni tashkil etadi. Gazning sovutilishi natijasida sulfat angidrid va suv bug'idan sulfat kislota bug'lari hosil bo'ladi, so'ngra u kondensatsiyalanadi. Minoraning (7) pastki qismida gazning tez sovishi sodir bo'ladi, shuning uchun sulfat kislota bug'larining yuqori darajada

to'yinishiga olib keladi. Bug'ning bir qismi (35%) bu hajmda tuman hosil qilib kondensatlansa, qolgan qismi elektrofiltrda (8) kondensatsiyalanadi.



4.28-rasm. Yuqori konsentratsiyali sulfit angidrid gazidan sulfat kislota ishlab chiqarish sxemasi:

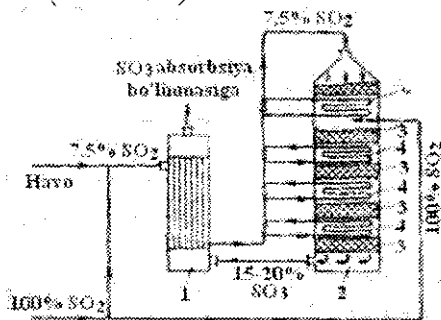
1 – filtr; 2 – ventilyator; 3 – pech; 4 – bug'li yuttirish qozoni; 5 – kontakt jihozi; 6 – sovutgich; 7 – minora-kondensator; 8 – elektrofiltr; 9 – aylanuvchi erima yig'gichi; 10 – nasos.

Konsentrlangan sulfit angidriddan kontakt usulida sulfat kislota olish. O'txona gazlari yoki rangli metallurgiya gazlaridan ajratib olingan konsentrlangan sulfit angidridni qayta ishlashning texnologik sxemasi ancha soddadir, chunki bunda sulfat kislotali tizimda pech bo'linmasi bo'lmaydi. Bundan tashqari, sulfit angidridni tozalash shart emas, chunki xomashyodan SO_2 ni ajratib olish jarayonidayoq gaz faol vanadiyli kontakt massaga zararli ta'sir etuvchi qo'shimchalardan tozalanadi.

Oltinugurtli xomashyoni yondirish uchun texnologik kislorod (95% O_2) ishlatilganda kuyundi gazidagi SO_2 ning miqdori yuqori (80-90%) konsentratsiyaga yetadi. Ammo bunday gaz tarkibida chang va boshqa qo'shimchalar bo'ladi, shuning uchun bu gaz odatdagi sxema bo'yicha tozalanadi va shundan so'nggina kontakt bo'linmasiga yuboriladi.

Konsentrlangan SO_2 ni oksidlash uchun yetarli miqdordagi kislorod havo bilan yoki texnik kislorod tarzida kiritiladi. 100% li SO_2 ni havo bilan aralashtirilganda sulfit angidridning maqbul (optimal) konsentratsiyasi 20% ni tashkil etadi. Lekin bunday aralashmani to'g'ridan-to'g'ri kontakt massaning birinchi qatlamiga berib bo'lmaydi, chunki bunda katalizatorning birdaniga qizib ketishi va uning ishdan chiqishi kuzatiladi. Kontakt massaning qizib ketishini oldini olish uchun amalda quyidagi usul ishlatiladi: 100% li sulfit angidrid ikkita bir xil oqimga ajratiladi, ulardan biriga barcha sulfit angidridni oksidlash uchun kerak bo'ladigan havo aralashtiriladi; bunda gaz aralashmasidagi SO_2

konsentratsiyasi 7,5% gacha pasayadi. Bunday gazli aralashma issiqlik almashtirgichda 440°C gacha qizdiriladi va kontakt massasining birinchi qatlamiga uzatiladi. Bu qatlamlardan chiqadigan gaz 100% li sulfit angidrid oqimi (yoki oqimning bir qismi) bilan qo'shiladi, gazlar aralashmasi 460-470°C haroratgacha sovitiladi va kontakt massasining ikkinchi va keyingi qatlamlariga uzatiladi (4.29-rasm).



4.29-rasm. Konsentrlangan sulfit angidrid bilan ishlaydigan kontakt bo'linmasining sxemasi:

1 – issiqlik almashtirgich; 2 – kontakt jihozi; 3 – kontakt massa; 4 – ichki issiqlik almashtirgich.

Bu sxemaning absorbsiya sxemasi odatdagicha bo'ladi. Kontakt gazidagi SO₃ ning konsentratsiyasi yuqori bo'lganligi uchun tarkibida 35% SO₃ (erkin) bo'lgan oleum olinishi mumkin.

Gipsdan kontakt usulida sulfat kislota olish. Gipsdan sulfat kislota ishlab chiqarishning texnologik sxemasida gipsning parchalanishi natijasida hosil bo'ladigan sulfit angidridning miqdori kolchedanni kuydirilishi natijasida hosil bo'ladigan sulfit angidrid miqdoridan anchagina oz bo'lganligi sababli namlash minorasi va ikkinchi bosqichdagi nam elektrofiltrlar bo'lmaydi. Bundan tashqari, gipsda mishyak, selen va boshqa zararli qo'shimchalar bo'lmaydi, bu esa kontakt jarayonidan gazlarni tegishli qo'shimchalardan tozalashni talab etmaydi. Natijada texnologik jarayon soddalashadi.

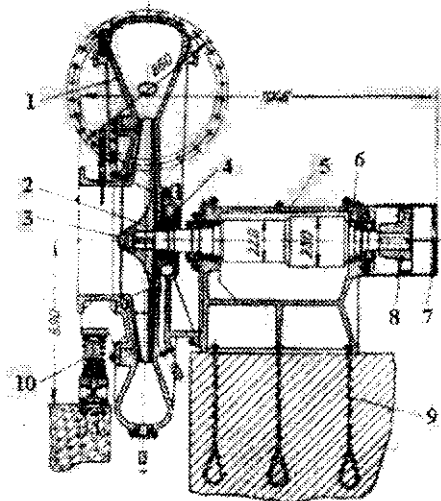
Ishlatilgan kislotalardan sulfat kislota olish. Ishlatilgan kislota tarkibida ko'p miqdordagi qo'shimchalar tutganligi uchun yaroqsizlanadi va bunday kislotalarni parchalanadi. Ifloslangan kislota pechda 1200°C haroratda organik birikmalar va ularning kuyundi mahsulotlari bilan parchalanadi:



Hosil qilingan gazlar aralashmasi maxsus usullarda tozalashdan o'tgandan so'ng odatdagi usul bilan sulfat kislota ishlab chiqarishga yuboriladi.

Gaz va kislotani aralashtirish qurilmalari. Gazni aralashtirish uchun tizimdagi quritish bo'linmasidan keyin o'rnatiladigan gaz purkagich (magnetatel) lar hizmat qiladi. Gaz purkagichga keladigan gaz oldindan sovutilgan va qo'shimchalardan tozalangan bo'ladi. Ungacha joylashgan barcha jihozlar vakuum ostida ishlaydi, kontakt va absorbsiya bo'linmalariga joylashtirilgan, ya'ni gaz purkagichdan keyingi jihozlar esa bir oz ortiqcha bosimda ishlaydi.

Gaz purkagichlar. Turli zavodlarda ishlab chiqarilgan gaz purkagichlar konstruksiyasi va ishlash prinsipi bo'yicha deyarli bir xil bo'lib, faqatgina ayrim qismlari bilangina farqlanadi. 4.30-rasmda gaz unumdorligi $42000 \text{ m}^3/\text{soat}$ bo'lgan quvurli havo purkagich ko'rsatilgan.



4.30-rasm. Quvurli havo purkagich 700-12-1M (kesmasi):

1 – korpus (chig'anoq); 2 – ishchi parrak; 3 – val; 4 – labirintli zichlagich; 5 – podshipniklar korpusi; 6 – zichlagich; 7 – mufta g'ilofi; 8 – birlashtirish muftasi; 9 – poydevor bolti; 10 – prujinali tayanch

Purkagichda gaz siqiladi va shuning natijasida unda gaz puflanadi. Yuqori darajada siqilish natijasida purkagichdagi gazning harorati 50°C gacha ortadi.

Purkagichda siqishga sarflanadigan quvvat (kvt da) quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$N = \frac{QH\rho g}{1000\eta}$$

bu yerda: Q – purkagich unumdorligi, m^3/sek ; H – to‘la bosim kuchi (siquv), mm.sim.ust. ; ρ – gazning zichligi, kg/m^3 ; g – og‘irlik kuchi tezlanishi, m/sek^2 ; η – purkagichning foydali ta‘sir koeffitsienti (0,7-0,85).

Agar tizimning umumiy gidravlik qarshiligi kamaytirilsa, gaz purkagichning unumdorligi bir oz ortishi mumkin. Jihozlarning gidravlik qarshiligi kamaytirilganda gaz purkagich (quvurli kompressor) unumdorligining ortishi mumkin bo‘lgan qiymati quyidagi empirik (yaqinlashtirilgan) formula bilan aniqlanishi mumkin:

$$\frac{1,8 - 0,8K}{2} = 1 - \frac{\Delta H}{H_1}$$

bu yerda: $K = \frac{Q_2}{Q_1}$ – unumdorlikni ortish koeffitsienti; Q_1 va Q_2 –

jihozning turlicha umumiy qarshiliklari H_1 va H_2 dagi gaz purkagich unumdorligi, m^3/soat ; ΔH – gidravlik qarshilik qiymatining kamayishi, bunda quvurli kompressor unumdorligi Q_1 dan Q_2 ga ortadi, n/m^2 .

Ish hajmi oshirilganda jihozning umumiy gidravlik qarshiligi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$H_2 = (H_1 - \Delta H) \cdot K^2$$

Kontakt tizimning gidravlik qarshilikni kamayishidagi gaz purkagich unumdorligining ortishi hisoblash yo‘li bilan aniqlanadi.

Gaz purkagich unumdorligini hisoblash. Boshlang‘ich ma‘lumotlar:

Kontakt tizimning umumiy gidravlik qarshiligi (umumiy dispersiya) $H_1 = 24700 \text{ n}/\text{m}^2$; gaz purkagich to‘la quvvat bilan ishlaydi; kontakt bo‘linmasi parallel ishlayotgan ikkita kontakt jihozidan iborat; jihozlarning gidravlik qarshiligi $h_1 = 11800 \text{ n}/\text{m}^2$.

Aniqlash talab etiladi: uchinchi kontakt jihozi o‘rnatilgandagi gaz purkagich unumdorligining ortishi, umumiy gidravlik qarshilik va elektroenergiya sarfining ortishi.

Uchinchi kontakt jihozi o‘rnatilgandagi kontakt bo‘linmasining jihozlarida gaz teziligi w_1 ning pasayishi: $w_2 = \sqrt[2]{3}w_1$ ni tashkil qiladi. Shuning uchun kontakt bo‘linmasining gidravlik qarshiligi h_1 qiymati h_2 kattalikkacha pasayadi:

$$h_1 = h_2 \left(\frac{w_2}{w_1} \right)^2 = 11800 \left(\frac{\frac{2}{3} w_1}{w_1} \right)^2 = 5230 \text{ H} / \text{M}^2$$

Demak, umumiy gidravlik qarshilikning kamayishi:

$$\Delta H = 11800 - 5230 = 6570 \text{ n/m}^2 \text{ ni tashkil etadi.}$$

Olingan natijadan tegishli yuqorida keltirilgan tenglama asosida K ni topamiz:

$$\frac{1,8 - 0,8K}{2} = 1 - \frac{\Delta H}{H_1} = 1 - \frac{6570}{24700}$$

Bundan $K = 1,12$, ya'ni gaz purkagich unumdorligi 12% ga ortishi kelib chiqadi.

Uchinchi kontakt jihozi o'rnatilgandan va gaz purkagichning unumdorligi 12% ga oshirilgandan keyin kontakt tizimning umumiy gidravlik qarshiligi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$H_2 = (H_1 - \Delta H) K^2 = (24700 - 6570) \cdot 1,12^2 = 22700 \text{ n/m}^2$$

Gaz purkagich ta'minlanadigan umumiy quvvat:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{Q_2 H_2}{Q_1 H_1} = \frac{1,12 \cdot 22700}{24700} = 1,027$$

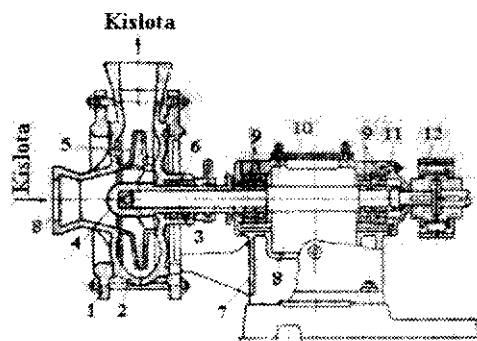
ya'ni 2,7% ni tashkil etadi.

Hisoblashda foydali ta'sir koeffitsienti η doimiy deb qabul qilinadi, chunki ishlab chiqarishni ozgina o'zgartirilganda uning o'zgarishi sezilarsizdir.

Filtrlar. Ko'pgina ishlab chiqarish korxonalarida gazni gaz purkash qurilmasidan qattiq zarrachalar va sulfat kislota bug'laridan tozalash uchun filtrlarga uzatiladi. Filtrlarni ko'pincha *moy ajratgichlar* deb ham ataladi. Eng sodda filtr sferik qopqoq va taglikka ega bo'lgan po'lat silindr ko'rinishida bo'lib, filtrning ichiga po'lat to'rlar joylashtirilgan bo'ladi, ular orasiga tolasimon asbest (yoki shisha mato) solinadi. Filtrlovchi material orasidan gaz o'tganda, undagi qattiq va suyuq qo'shimchalar ushlanib qoladi.

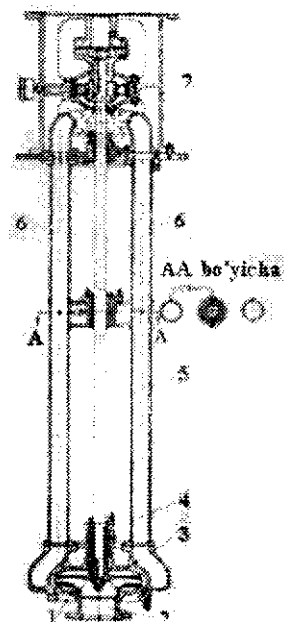
Nasoslar. Sulfat kislotali tizimlarda minoralar va absorberlarga taqsimlash uchun ko'p miqdordagi kislotalarni haydashga to'g'ri keladi. Kislotalarni uzatish uchun turli xil konstruksiyadagi markazdan qochma nasoslar ishlatiladi. 4.31-rasmda shunday markazdan qochma nasoslardan birining tasviri ko'rsatilgan. Uzatiladigan suyuqlik vazifasiga bog'liq holda kislotali markazdan qochma nasoslar turli xil materiallardan: past va o'rtacha konsentratsiyadagi kislotalar uchun – ferrosilisiddan,

konsentrlangan sulfat kislota uchun – yuqori sifatli cho‘yandan, oleum uchun esa – po‘latdan tayyorlanadi.



4.31-rasm. Kislota uchun markazdan qochma nasos:

1 – stanina (korpus qismi) birlashtirgichi; 2 – korpus; 3 – val; 4 – himoya flulkasi; 5 – ishchi g‘ildirak; 6 – zichlashtirgich (salnik); 7 – stanina; 8 – moyli vanna; 9 – sharli podshipniklar; 10 – stanina qopqog‘i; 11 – zaglushka (bo‘g‘ib qo‘yilgan qism); 12 – elastik birlashtiruvchi mufta.



4.32-rasm. Botirma nasos:

1 – ishchi parrak; 2 – so‘ruvchi quvur; 3 – korpus; 4 – podshipniklar; 5 – vertikal val; 6 – to‘ldirgich quvurlar; 7 – purkagich quvuri.

Nasosga kerakli quvvat (kvt da) quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$N = \frac{QH\gamma}{1000\eta}$$

bu yerda: Q – nasosning unumdorligi, m^3/sek ; N - to'la bosim kuchi (siqov), mm.sim.ust.; γ – suyuqlikning solishtirma og'irligi, n/m^3 ; η – foydali ta'sir koeffitsienti (0,35-0,55).

Suyuqliklarni uzatishda vertikal botirma nasoslar ham ishlatiladi. Bunday nasoslar ko'pincha yig'gichlardagi suyuqliklarni uzatishda ishlatiladi. 4.32-rasmda botirma nasoslardan biri tasvirlangan. Har xil konsentratsiyadagi kislotalarni uzatish uchun ishlatiladigan botirma nasoslarning unumdorligi 45 dan 288 m^3/soat ni tashkil etadi.

Nazorat uchun savollar

1. Katalizatorlar ishtirokida sulfat angidridni oksidlashning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.
2. Muvozanatdagi kontaktlanish darajasi deganda nimani tushunasiz?
3. Kontaktlanish jarayonida SO_2 ni SO_3 ga oksidlanish tezligi qanday bo'ladi?
4. Qanday turdagi vanadiyli kontakt massalarni bilasiz?
5. Vanadiyli katalizatorida SO_2 ni SO_3 ga oksidlanish jarayonining shart-sharoiti qanday bo'ladi?
6. Kontakt massa miqdori qanday aniqlanadi?
7. Vanadiyli katalizatorida SO_2 ni SO_3 ga oksidlanish jarayonining maqbul (optimal) sharoiti qanday bo'ladi?
8. Qaynovchi qatlamli katalizatorida SO_2 ning oksidlanish jarayonini tushuntiring.
9. Qanday kontakt jihozlarini bilasiz?
10. Issiqlik almashtirgich jihozlarining qanday turlarini bilasiz?
11. Gazlar aralashmasidan sulfat angidridni ajratib olishning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.
12. SO_3 ni sulfat kislotasi bilan absorbsiyalash jarayonini tushuntiring.
13. Sulfat kislotasi kondensatsiyalanish jarayonini tushuntiring.
14. Kontakt usulida sulfat kislota ishlab chiqarish korxonasining absorbsiyalash bo'linmasida qanday jihozlar ishlatiladi.
15. 100% li sulfat angidrid va konsentrlangan oleum qanday olinadi?
16. Chiqindi gazlarini qanday zararsizlantiriladi?
17. Yuqori sifatli sulfat kislota olish usullarini ayting.

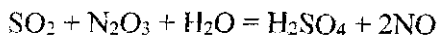
18. Akkumulyator sulfat kislotasi ishlab chiqarish usulini tushuntiring.
19. Reaktiv sulfat kislotasi ishlab chiqarish usulini tushuntiring.
20. Oltingugurtdan sulfat kislota olishning kontakt usulini tushuntiring.
21. Oltingugurtdan kontakt sulfat kislota olishning «Xemiko» usulini tushuntiring.
22. Nam kataliz usuli bilan vodorod sulfiddan sulfat kislota olishning kontakt usulini tushuntiring.
23. Konsentrlangan sulfit angidrididan sulfat kislota olishning kontakt usulini tushuntiring.
24. Gipsdan kontakt usulida sulfat kislota qanday olinadi?
25. Ishlatilgan kislotalardan sulfat kislota qanday olinadi?

V-bob

SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISHNING NITROZALI USULI

1-§. Sulfit angidridni nitrozali katalitik oksidlash

Nitrozali usulning mohiyati. Kuyundi gazi changdan tozalangandan so'ng, nitroza deb ataladigan azot oksidlarining sulfat kislotali eritmasi bilan qayta ishlanadi. Kuyundi gazining sulfit angidridi nitrozaga yutiladi va so'ngra azot oksidlari bilan:



reaksiyasi bo'yicha oksidlanadi.

Hosil bo'ladigan azot oksidi nitrozada yomon eriydi va shuning uchun undan ajralib chiqadi, so'ngra gaz fazasidagi kislorod bilan NO_2 gacha qisman oksidlanadi. NO va NO_2 aralashmasi yana sulfat kislotaga yutiriladi va hokazo. Nitrozali jarayonda azot oksidlari amalda sarflanmaydi va ishlab chiqarish sikliga qaytariladi. Lekin sulfat kislotaga azot oksidlarining to'la yutilmasligi sababli uning bir qismi chiqindi gazlari bilan yo'qotiladi; bu qaytmasdan yo'qotiladigan oksidlarni tashkil etadi.

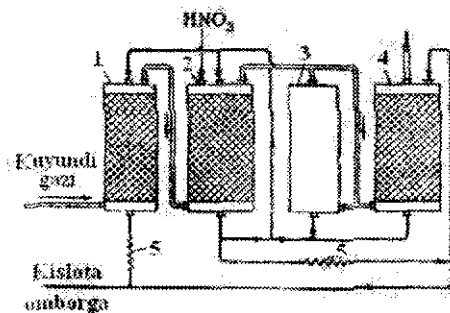
Nitrozali usulda sulfat kislota ishlab chiqarish jarayoni quyidagi bosqichlardan iborat:

- 1) Sulfit angidrid olish.
- 2) Sulfit angidridning nitrozaga yutilishi.
- 3) Sulfit angidridni nitroza bilan oksidlash.
- 4) Nitrozaning azot oksidlaridan ajratish (denitratsiya).
- 5) Nitrozadan ajraladigan azot oksidlarini gaz fazasida oksidlash.
- 6) Azot oksidlarini sulfat kislotaga yuttirish.

Ilgarilari nitrozali jarayon qo'rg'oshinli kameralarda amalga oshirilgan va shuning uchun kamerali usul deb atalgan. Hozirda bu usul kam unumdorli bo'lganligi uchun ishlatilmaydi; lekin ayrim chet el korxonalarida bunday kamerali usul hozirda ham qo'llanilmoqda. Hozirda nitrozali usul bo'yicha ishlaydigan korxonalarda kameralar o'rnida minoralar o'rnatilgan (minorali usul ham deb ataladi).

Minorali usul bilan sulfat kislota ishlab chiqarishning texnologik sxemasi. Minorali usul bilan sulfat kislota ishlab chiqarishda sulfit angidridni qayta ishlashning barcha asosiy va oraliq jarayonlari to'ldirgichli va sulfat kislota suyuqligi taqsimlanadigan minoralarda sodir bo'ladi.

5.1-rasmda minorali usulda sulfat kislota ishlab chiqarishning prinsipial sxemasi tasvirlangan. Issiq kuyundi gazi kiradigan birinchi minora minoralarga taqsimlanadigan kislotadan ajratib olish vazifasini bajaradi. Bu jarayon sulfat kislota *denitratsiyasi*, minora (1) esa *denitratsiyalash minorasi* deb ataladi. Bu minoradan chiqadigan denitratsiyalangan kislota qariyb $\frac{1}{3}$ qismi omborga tayyor mahsulot sifatida chiqariladi, qolgan qismi esa oxirgi minoraga (4) taqsimlash uchun uzatiladi.



5.1-rasm. Minorali tizimning texnologik sxemasi:

1 – denitratsiyalovchi minora; 2 – mahsulot minorasi; 3 – oksidlovchi minora; 4 – absorbsiya minorasi; 5 – kislota sovutgichlari.

Denitratsiya minorasiga oz miqdorda kislota taqsimlanganligi uchun u kuchli qiziydi va azot oksidlarining ajralishi ta'minlanadi. Kislota denitratsiyasi bilan bir paytda minorada (1) sulfit angidrid sulfat kislota qisman absorbsiyalanadi va azot oksidlari bilan oksidlanadi. Sodir bo'ladigan jarayonlar tavsifiga ko'ra birinchi minorani sxematik tarzda uchta zonaga ajratish mumkin. Quyi zonada sulfat kislota gaz fazasiga suv bug'i ajratib bug'lanishi, o'rta zonada nitrozaning suyulishi hisobiga undan azot oksidlarining ajralishi, yuqori zonada esa quyidan chiqadigan suv bug'ining kondensatlanishi sodir bo'ladi va shu tufayli kondensatlangan suv nitrozani suyultiradi hamda unda erigan SO_2 ni qisman oksidlaydi. Yuqorida bayon etilgan jarayonlarni zonalar bo'yicha qat'iy bo'lish mumkin emas, chunki ular bir-biri bilan qisman qo'shilib ketadi. Bu jarayonlardan tashqari, birinchi minorada gazlardan shuningdek

chang qoldiqlari tutib qolinadi, arsenit va selenit angidridlari yutiladi, sulfat kislota bug'lari kondensatsiyalanadi, sulfat kislotali tuman hosil bo'lishi sodir bo'ladi va hokazo.

Minorali tizimlarda tayyor mahsulot faqat denitratsiya minorasidan chiqarib olinadi, u yerda kuyundi gazidagi deyarli barcha qo'shimchalar tutib qolinadi, shuning uchun minorali kislota mishyak, selen, kuyundi changi va boshqa qo'shimchalar bilan ifloslangan bo'ladi.

Ikkinchi minoraning asosiy vazifasi – sulfat kislota bilan kuyundi gazidan sulfit angidridni absorbsiyalash va SO_2 ni nitroza bilan oksidlashdir. Bu minorada sulfat kislota ning kattagina qismi (tizim mahsulotining 70-80% miqdori) hosil bo'ladi, shuning uchun uni *mahsulot minorasi* deyiladi. Kislota hosil bo'lish jarayoni minoraning (2) butun balandligida sodir bo'ladi, lekin sulfit angidridning asosiy miqdori oksidlanish jarayoni sodir bo'lishi uchun qulay sharoit bo'lgan uning quyi qismida oksidlanadi. SO_2 oksidlanishi natijasida nitrozadan ajraladigan azot oksidlarining bir qismi minoraning yuqori qismidan taqsimlanadigan nitroza suyuqligiga yutiladi, ammo uning asosiy qismi gaz oqimi bilan oksidlash minorasiga (3) keladi. U yerda NO va NO_2 ning shunday nisbatigacha oksidlanadiki, bunda hosil bo'ladigan azot oksidlarining miqdori absorbsiya minorasida yutilishi uchun yetarli darajada bo'lishi lozim.

Oksidlovchi minorada (3) NO gaz tarkibidagi kislorod bilan oksidlanadi. Bu minorada azot oksidlarining oksidlanishi minorani aylanib o'tuvchi gaz o'tkazgich quvur orqali bir qism oksidlanuvchi gazni o'tkazish orqali boshqariladi (baypas). Oksidlash minorasidan chiqadigan gaz absorbsiya minorasiga (4) keladi, u yerda minoraga taqsimlanuvchi sulfat kislota ga azot oksidlari yutiladi; bu minora *absorbsiya* yoki *yuttirish minorasi* deyiladi.

Kuyundi gazini sovutishda va sulfat kislota hosil bo'lishida ko'p miqdordagi issiqlik ajraladi, shuning uchun denitratsiya va mahsulot minoralarida taqsimlanadigan kislota qiziydi va ularni taqsimlashga berishdan oldin sovutiladi. Buning uchun sovutgichlar (5) o'rnatilgan. Minorali kislota ishlab chiqarishda chiqindi gazlari, mahsulot kislotasi va boshqalar bilan bir qism azot oksidlari yo'qotilishi mumkin. Uni o'rni to'ldirish uchun mahsulot minorasiga (2) nitrat kislotasi beriladi. Sulfat kislota hosil bo'lishi uchun kerakli suv denitratsiya (1) va mahsulot minoralariga (2) kiritiladi.

Kamerali usul bilan sulfat kislota ishlab chiqarishning prinsipial texnologik sxemasi minorali usulga o'xshaydi. Uning farqi shundaki, sulfit

angidridni qayta ishlash va azot oksidlarini oksidlash bosqichlari kislotalarning denitratsiyasidan so'ng minoralarda emas, balki tahmonli qo'rg'oshinli kameralarda amalga oshiriladi. Azot oksidlarining absorbsiyasi ham xuddi minorali tizimlardagi kabi minoralarda o'tkaziladi. Lekin kamerali va minorali jarayonlarning texnologik tartiblari turlichadir: kamerali jarayonning barcha bosqichlarida nisbatan past konsentratsiyali kislota ishlatiladi, nitroza tarkibida esa oz miqdordagi azot oksidlari bo'ladi va hokazo.

Nitroza jarayonining fizik-kimyoviy asoslari. Azot oksidlarini sulfat kislota bilan absorbsiyalash. Azot oksidlarining xossasi. Azot bir necha xil oksid hosil qiladi, ulardan azot(II)-oksid NO, azot(IV)-oksid NO₂ va nitrit angidrid N₂O₃ nitroza jarayonida qatnashadi.

Azot(II)-oksid NO rangsiz gaz bo'lib, atmosfera bosimida -151,8°C gacha siqilganda rangsiz suyuqlikka aylanadi. Gaz fazasida kislorod azot(II)-oksid NO ni oksidlaydi:



Haroratga va gaz fazasidagi NO va O₂ konsentratsiyasiga bog'liq holda reaksiyon massa komponentlari orasidagi muvozanat o'rnatiladi. Reaksiyaning muvozanat konstantasi:

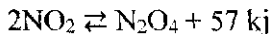
$$K_p = \frac{p_{\text{NO}}^2 p_{\text{O}_2}}{p_{\text{NO}_2}^2}$$

haroratga bog'liq holda:

$$\lg K_p = \frac{5749}{T} + 1,75 \lg T - 0,005T + 2,839$$

tenglama bilan ifodalanadi. Bu yerda: p_{NO} , p_{O_2} , p_{NO_2} — gaz fazasidagi NO, O₂ va NO₂ ning parsial bosimi, atm.

Azot dioksid NO₂ — qora-qo'ng'ir gaz bo'lib, atmosfera bosimida xona harorati (20,7°C) dayoq suyuqlanadi. Azot dioksid azot qo'shoksidge (rangsiz gaz) aylanadi:



Bu reaksiyaning muvozanat konstantasi:

$$K_p = \frac{p_{\text{NO}_2}^2}{p_{\text{N}_2\text{O}_4}}$$

haroratga bog'liq holda:

$$\lg K_p = -\frac{2692}{T} + 1,75 \lg T + 0,00484T - 7,144 \cdot 10^{-6} T^2 + 3,062$$

tenglama bilan ifodalanadi. Bu yerda: p_{NO_2} , $p_{N_2O_4}$ – gaz fazasidagi NO_2 va N_2O_4 ning parsial bosimi, atm.

Nitroza jarayonida gaz fazasidagi azot oksidlarining umumiy miqdori 15% dan oshmaydi, NO ning oksidlanish darajasi juda kam hollarda 0,5 dan ortadi. Shuning uchun nitroza jarayonida gaz fazasidagi N_2O_4 miqdori juda kam bo'ladi.

Sulfat kislota bilan azot dioksiddan nitrozilsulfat kislota va nitrat kislota hosil bo'ladi:



Nitrit anhidrid N_2O_3 xona haroratida gaz holatida bo'ladi; bu gaz faqat yuqori bosimdagina barqaror bo'ladi. $25^\circ C$ harorat va $1,01 \cdot 10^5 \text{ n/m}^3$ (760 mm.sim.ust.) bosimida ekvimolekulyar azot oksidlari aralashmasi ($NO + NO_2$) ning atigi 10,5% qismigina N_2O_3 tarzida bo'ladi. $3,5^\circ C$ haroratda siqilganda havorang-ko'k rangli suyuqlikka aylanadi, u ham tez parchalanadi.

Nitrit anhidrid hosil bo'lish reaksiyasi:



ning muvozanati haroratning pasayishi va bosimning ortishi bilan o'ngga siljiydi, bunda muvozanat holati juda tez o'rnatiladi. Bu reaksiyaning muvozanat konstantasi:

$$K_p = \frac{p_{NO} p_{NO_2}}{p_{N_2O_3}}$$

tenglama bilan aniqlanadi.

N_2O_3 sulfat kislota bilan nitrozilsulfat kislota hosil qiladi:

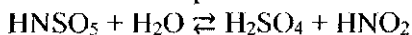


Nitrozaning xossalari. Texnikada azot oksidlari (N_2O_3) ning sulfat kislota suvli eritmasida eritilishidan hosil qilingan sistema nitroza deb yuritiladi. Sulfat kislota eritilgan azot oksidlari ularning oksidlanish darajasiga muvofiq holda nitrozilsulfat kislota yoki nitrozilsulfat va nitrat kislotalar aralashmasini hosil qiladi.

Nitrozilsulfat kislota rangsiz kristall modda bo'lib, $73^\circ C$ haroratda suyuqlanadi. Nam atmosfera havosi bilan to'qnashganda o'z-o'zidan suyuqlanadi.

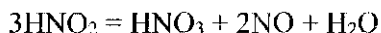
Bir xil konsentratsiyali boshlang'ich sulfat kislota undagi N_2O_3 miqdori ortishi bilan nitroza jarayonida ishlatiladigan nitrozaning kristallanish harorati ortadi.

Suvsiz sulfat kislota azot oksidlarini eritilishidan hosil qilingan nitrozilsulfat kislota anchagina barqaror bo'ladi. Sulfat kislota suvli eritmasida hosil qilingan nitrozilsulfat kislota gidrolizlanib, sulfat kislota va nitrit kislota aralashmasini hosil qiladi:



Nitrozilsulfat kislota gidrolizlanish darajasi haroratning ortishi va sulfat kislota konsentratsiyasining kamayishi bilan ortadi.

73% dan kam miqdorda H_2SO_4 tutgan kislota azot oksidlari eritilishidan olingan nitrozada $HNSO_5$ gidrolizidan hosil bo'lgan nitrit kislota parchalanadi:



Nitroza jarayonida boshlang'ich sulfat kislota, ya'ni kislota barcha azot oksidlari chiqarib yuborilgandagi konsentratsiyasi muhim ahamiyatga egadir. Nitrozadagi H_2SO_4 va N_2O_3 miqdorini bilgan holda bu konsentratsiya quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$A = \frac{100N}{100 - 0,6B}$$

bu yerda: A – boshlang'ich kislota H_2SO_4 miqdori, %;

N – tahlil natijasiga ko'ra nitrozadagi H_2SO_4 miqdori, %;

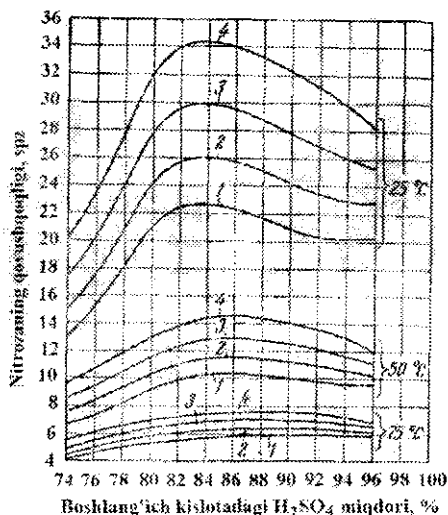
B – tahlil natijasiga ko'ra nitrozadagi N_2O_3 miqdori (HNO_3 hisobida), %

NO ning sulfat kislota suvli eritmasidagi eruvchanligi juda kamdir. NO ning nitrozadagi eruvchanligi suvsiz sulfat kislota qaraganda birmuncha ko'pdir; u nitrozilsulfat kislota va sulfat kislota konsentratsiyasi ortishi bilan ortadi va haroratning ortishi bilan kamayadi.

N_2O_3 ning sulfat kislota suvli eritmasidagi eruvchanligi azot oksidlarining bosimiga proporsionaldir va harorat ko'tarilishi bilan kamayadi.

Nitrozilsulfat va nitrat kislota aralashmasi eritmasi ustidagi azot oksidlarining parsial bosimi HNO_3 konsentratsiyasi ortishi bilan ortadi. Aralashma ustidagi azot oksidlarining bosimi nitrozilsulfat kislota eritmasi va nitrat kislota eritmasi alohida-alohida bo'lgandagiga nisbatan nitrozalanish bir xil bo'lganda ham yuqori bo'ladi.

Nitrozaning qovushqoqligi nitrozilsulfat kislota miqdori ko'payishi bilan ortadi va haroratning ortishi bilan kamayadi (5.2-rasm).



5.2-rasm. Nitrozaning qovushqoqligi:

1 – 5% HNO_3 da; 2 – 10% HNO_3 da; 3 – 15% HNO_3 da; 4 – 20% HNO_3 da.

Azot oksidlarining absorbsiya tezligi. Minorali tizimdagi gaz tarkibida turli oksidlanish darajali azot oksidlari (NO , NO_2 , N_2O_3) bo'ladi. Ular nitroza jarayonining oxirgi bosqichida gaz tarkibidan to'la ajratib olinishi kerak, chunki suyuq fazada SO_2 ning oksidlanishi azot oksidlari ishtirokida sodir bo'ladi, yutilmagan oksidlar esa chiqindi gazlari bilan atmosferaga chiqarib yuboriladi va ma'lum miqdorini yo'qotilishiga olib keladi.

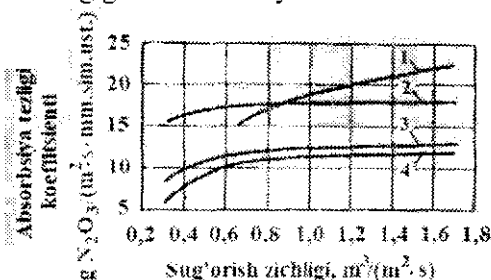
Nitrozali jarayon sharoitida sulfat kislota NO va NO_2 ning ekvimolekulyar aralashmasini oksidlanish darajasi o'zgarishsiz absorbsiyalaydi. Shuning uchun suyuq fazadagi azot oksidlari N_2O_3 tarzida bo'ladigandek ko'rinadi. Ammo nitrozali jarayondagi gaz tarkibida dissotsilanmagan N_2O_3 miqdori NO va NO_2 ning umumiy miqdoridan juda ham oz bo'ladi. Bundan sulfat kislotaning NO va NO_2 molekullarini N_2O_3 molekullariga nisbatan ko'p yutishi kuzatiladi.

Azot oksidlari NO va NO_2 ning ekvimolekulyar aralashmasining absorbsiya tezligi tarkibida faqat NO_2 tutgan gazga nisbatan 2 marta ko'p bo'ladi. Gazdagi NO va NO_2 ning ekvimolekulyar aralashmasi azot oksidlarining sulfat kislotaga absorbsiyasi jarayonining maqbul (optimal) sharoiti hisoblanadi. To'ldirgichli minoradagi bu jarayonning tezligi ko'pgina omillar (to'ldirgichdagi gazning tezligi, suyuqlikni taqsimlash

zichligi, harorat va boshqalar) ga bog'liqdir. Ulardan har birining ta'siri jarayon o'tkaziladigan aniq sharoitlarda aniqlanadi.

Minora ko'ndalang kesimi yuza birligidan taqsimlanadigan kislotaga o'tadigan miqdori suyuqlikni taqsimlash zichligi deyiladi va $m^3/(m^2 \cdot s)$ birlikda ifodalanadi. To'ldirgichning suyuqlikni taqsimlash zichligi ortishi bilan azot oksidlarining absorbsiya tezligi dastlab ortadi, ma'lum suyuqlikni taqsimlash zichligiga yetgach [masalan, 50×50 mm o'lchamdagi halqali to'ldirgich uchun $0.8 m^3/(m^2 \cdot s)$] absorbsiya tezligi ortmaydi (5.3-rasm).

Azot oksidlarini sulfat kislotaga absorbsiyasi tezligining gaz tezligi va minora to'ldirgichi suyuqlikni taqsimlash zichligiga bog'liqlik xususiyati shuni ko'rsatadiki, yutish tezligiga gaz va suyuqlik plenkalaridagi diffuziya jarayonlari emas, balki suyuq fazada kechadigan kimyoviy jarayonlar asosiy ta'sir ko'rsatadi. Buni sulfat kislotaga konsentratsiyasi ortishi va haroratning pasayishi bilan azot oksidlarining absorbsiya tezligi ortishi orqali ko'rish mumkin, chunki bu sharoitda nitrozilsulfat kislotaning gidrolizi kamayadi.



5.3-rasm. N_2O_3 absorbsiyasining turli to'ldirgichlardagi suyuqlikni taqsimlash zichligiga bog'liqligi:

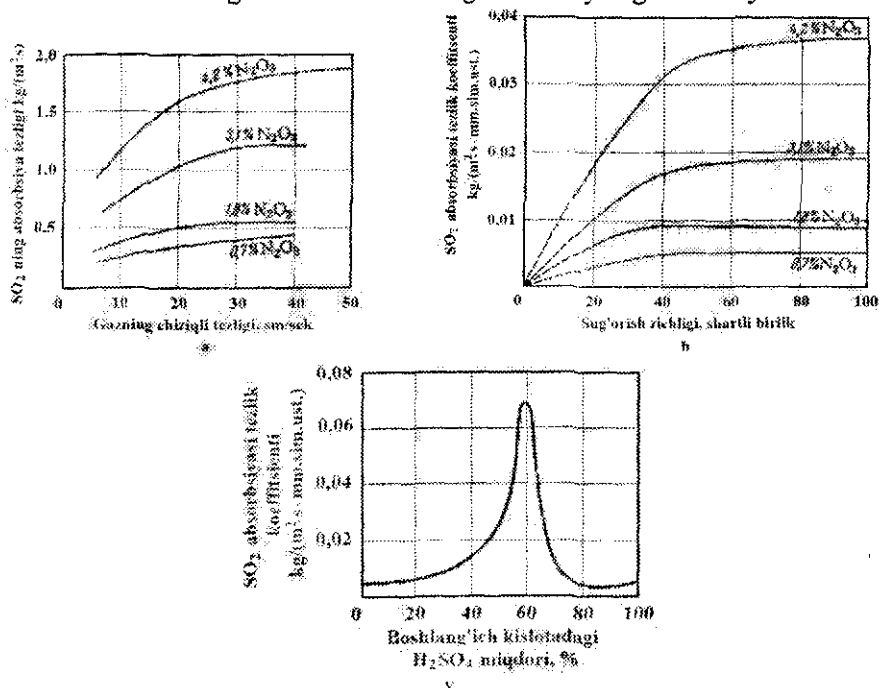
1 – kvarts (bo'laklar o'lchami 50 mm); 2 – kvarts (bo'laklar o'lchami 100 mm);
3 – halqa (o'lchami 80x80x8 mm); 4 – halqa (o'lchami 50x50x6 mm) joylashtirilgan.

Yuqorida ko'rsatilganlardan quyidagi xulosalarga kelish mumkin:

1. Azot oksidlarining sulfat kislotaga absorbsiya jarayoni suyuq fazadagi kimyoviy reaksiyalar orqali sodir bo'ladi.
2. Maksimal absorbsiya tezligi gazdagi NO va NO₂ ning ekvimolekulyar nisbatiga to'g'ri keladi.
3. To'ldirgichdagi gazning harakat tezligi va suyuqlikni taqsimlash zichligi katta bo'lganda jarayonning umumiy tezligi asosan suyuq fazada kechadigan kimyoviy jarayonlar tezligi bilan aniqlanadi.

Sulfit angidridning nitrozaga absorbsiyasi. Nitroza jarayonida sulfit angidridning azot oksidlari bilan oksidlanishi suyuq fazada sodir bo'ladi. Shu sababli bu jarayon qachonki sulfit angidrid nitrozaga yutilgandan so'nggina sodir bo'ladi. Shuning uchun SO_2 ning absorbsiya tezligi sulfat kislotasi olish nitroza jarayonining tezligini belgilaydigan asosiy omillardan biri hisoblanadi.

Absorbsiya minoralarida nitrozaga sulfit angidridning yutilish tezligi – suyuqlikni taqsimlash zichligiga, sulfat kislotaning konsentratsiyasiga, haroratga va boshqa omillarga bog'liqdir (5.4-rasm). Suyuqlikni taqsimlash zichligining sulfit angidrid absorbsiya tezligiga bog'liqligi xuddi sulfat kislotaga azot oksidlarining absorbsiyasiga o'xshaydi.



5.4-rasm. SO_2 absorbsiyasi tezligining (N_2O_3 turlicha miqdoridagi) gazning chiziqli tezligiga, suyuqlikni taqsimlash zichligiga va boshlang'ich kislotasi konsentratsiyasiga bog'liqligi:

a – gazning boshlang'ich tezligi; b – suyuqlikni taqsimlash zichligi; v – boshlang'ich kislotasi konsentratsiyasi.

Sulfit angidrid absorbsiyasi tezligining sulfat kislotasi konsentratsiyasiga bog'liqligi o'ziga xos xususiyatga egadir. Bu jarayon

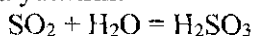
sulfat kislolaning past konsentratsiyasida sekin kechadi. Konsentratsiya ortishi bilan sulfat angidrid absorbsiya tezligi ham ortadi va kislota konsentratsiyasi 57% H_2SO_4 ga yetganda maksimumga erishadi va undan yuqori konsentratsiyada yana absorbsiya tezligi kamayadi.

Haroratning ortishi bilan SO_2 ning nitrozaga absorbsiya tezligi ham ortadi, biroq 100-110°C harorat intervalida bu xususiyat birmuncha o'zgaradi, ya'ni absorbsiya tezligi keskin ortadi va undan yuqori haroratda absorbsiyalanish yana sekinlik bilan ortadi. Buni shu harorat intervalida nitrozilsulfat kislota gidroliz tezligining ortishi bilan izohlanadi.

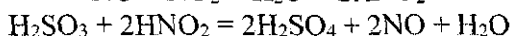
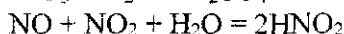
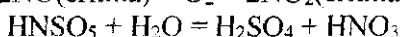
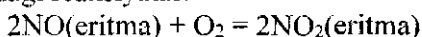
Nitroza jarayonida gazdagi SO_2 konsentratsiyasi kam o'zgaradi va shunga bog'liq holda kislorod konsentratsiyasi ham kam o'zgaradi. Bu o'zgarishlar nitrozaga sulfat angidrid absorbsiyalanish tezligiga katta ta'sir ko'rsatmaydi.

Sulfat angidridning nitroza bilan oksidlanishi. Nitroza jarayonida sulfat kislota hosil bo'lishini quyidagi sxemalar orqali ifodalash mumkin:

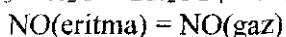
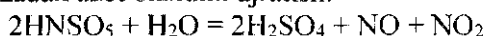
- gazning suyuqlikka yutilishi:



- suyuq fazadagi reaksiyalar:



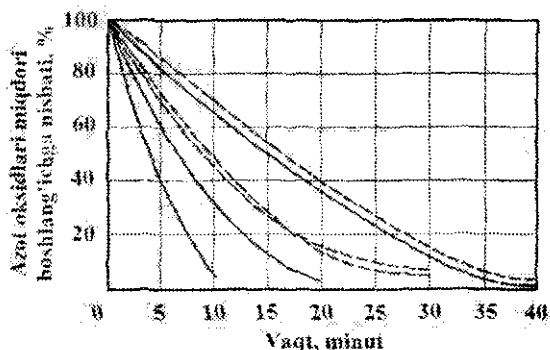
- suyuq fazadan azot oksidini ajratish:



SO_2 ning gaz fazasida oksidlanishi aniqlanmagan. Agar bunday reaksiya sodir bo'lsa ham juda oz darajada bo'ladi va u nitroza jarayonida sulfat kislota hosil bo'lishining umumiy jarayoniga sezilarli ta'sir ko'rsatmaydi.

Nitrozadan azot oksidlarini yo'qotish (denitratsiya). Denitratsiya minorasida taqsimlanadigan kislotaldagi azot oksidlarini yo'qotish deyarli to'la amalga oshirilishi lozimdir. Bu azot oksidlari yo'qotilishini kamaytirish va yuqori sifatli mahsulotlar olish uchun ham zarurdir. Shuning uchun sulfat kislota azot oksidlaridan tozalash – sulfat kislota denitratsiyasi – nitroza jarayonining muhim bosqichi hisoblanadi.

Sulfat kislolaning denitratsiya tezligi uning konsentratsiyasi ortishi bilan kamayadi va haroratning ortishi bilan ortadi. Denitratsiya tezligining sulfat kislota qayta ishlashda ishlatiladigan gazli aralashma tarkibiga bog'liqligi 5.5-rasmda tasvirlangan.



5.5-rasm. Gaz aralashmasi tarkibining sulfat kislota denitratsiyasi tezligiga bog'liqligi:

1 – 9% SO₂ va 91% N₂; 2 – 24% SO₂ va 76% N₂; 3 – 56% SO₂ va 44% N₂; 4 – 9% SO₂ 9% O₂ va 82% N₂; 5 – 24% SO₂ 16% O₂ va 60% N₂; 6 – 56% SO₂ 31% O₂ va 13% N₂.

Gazdagi SO₂ miqdori ortishi bilan SO₂ oksidlanish tezligining ortishi va kislotada kam eriydigan NO hosil bo'lishi hisobiga denitratsiya tezligi ortadi (1-3 egri chiziqlar). Gazdagi kislorod miqdorining ortishi bilan denitratsiya jarayoni birmuncha sekinlashadi (4-6 egri chiziqlar), chunki NO kislorod bilan NO₂ gacha oksidlanadi va bunda hosil bo'ladigan azot oksidlarining aralashmasi sulfat kislotada yaxshi eriydi.

Gaz fazada azot oksidlarining kislorod bilan oksidlanishi. Azot oksidlari sulfat kislotaga faqat NO va NO₂ ning ekvimolekulyar nisbatidagina yaxshi absorbsiyalanadi. Azot oksidlarining yuqori yoki quyi darajada oksidlanganligi (ekvimolekulyar nisbatiga solishtirilganda) yuttirish minoralarida azot oksidlarining yetarlicha absorbsiyalanmasligiga va bu esa ularning chiqindi gazlari bilan atmosferaga yo'qotilishiga olib keladi. Shuning uchun nitroza jarayonida azot oksidlarining oksidlanish darajasi chuqur nazorat qilinadi va boshqariladi. Azot oksidlarining oksidlanish darajasini boshqarish oksidlash minorasida gazning bo'lish vaqtini o'lchash yoki mahsulot minorasining ishlash tartibi (oksidlash minorasi bo'lmaganda) orqali amalga oshiriladi.

Azot oksidlarining muvozanatli oksidlanish darajasini:

$$K_p = \frac{p_{NO}^2 p_{O_2}}{p_{NO_2}^2} = P \frac{(1-X)^2 (n-mX)}{X^2 (1-mX)} p_{NO_2}^2$$

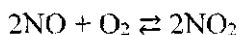
formula bilan aniqlanadi. Bu yerda: p_{NO} , p_{O_2} , p_{NO_2} – gaz fazasidagi NO, O₂ va NO₂ ning parsial bosimi, atm; P – gazning umumiy bosimi, atm; X –

NO ning muvozanatli oksidlanish darajasi, massa qism; $n - 1 \text{ m}^3$ gazdagi kislorod hajmi, m^3 ; $m - 1 \text{ m}^3$ gazdagi NO hajmi, m^3 .

Ma'lum haroratdagi va boshlang'ich gazlar aralashmasining belgilangan tarkibidagi NO ning oksidlanish darajasini aniqlash uchun bu tenglamaga

$$\lg K_p = -\frac{2692}{T} + 1,75 \lg T + 0,00484T - 7,144 \cdot 10^{-6} T^2 + 3,062$$

formula bo'yicha topilgan harorat uchun K_p kattaligini qo'yish kerak. 200°C dan past haroratda NO, O_2 va NO_2 gazlar aralashmasi muvozanatida NO miqdori juda kamdir. Shuning uchun nitroza jarayonida NO_2 ning dissotsiatsiya tezligi juda kam deb hisoblash mumkin va NO ning oksidlanish tezligini:



reaksiyasi bo'yicha hisoblashda qaytar reaksiya tezligini hisobga olmaslik mumkindir. Bunda NO ning X darajasigacha oksidlanishi uchun kerakli vaqt τ sharoiti:

$$2kP\tau = \frac{2,303}{(n-m)^2} \left[\frac{X(n-m)}{2,303m(1-X)} + \lg \frac{1-X}{1-\frac{mX}{n}} \right]$$

tenglama bo'yicha topilishi mumkin. Bu yerda: k – NO ning oksidlanish reaksiyasi tezlik konstantasi.

Bu yerdan barcha azot oksidining yarmi ($X=0,5$) oksidlanishi uchun ketadigan vaqt:

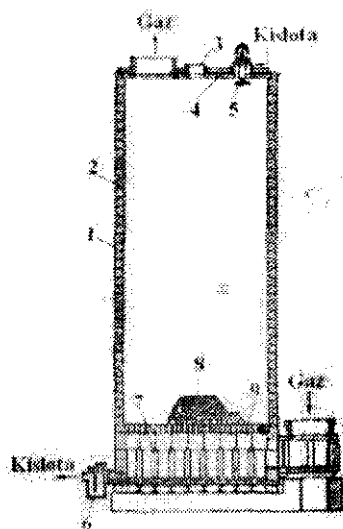
$$\tau = \frac{2,303}{(n-m)^2 kP} \left[\frac{n-m}{2,303m} + \lg \left(2 - \frac{m}{n} \right) \right]$$

ni tashkil etadi.

Minorali tizim jihozlari. *Minoralar.* Minorali tizimning asosiy jihozlari – to'ldirgich bilan to'ldirilgan (skrubberli) minoralar hisoblanib, ularning o'lchami minorali tizimning unumdorligiga bog'liq holda turlichadir: diametri 4-14 m, balandligi 14-18 m bo'ladi. Hozirgi paytda ko'pincha diametri 5,5 m va balandligi 16 m bo'lgan minoralar ham ishlatilmoqda.

Barcha minoralar – po'latdan tayyorlangan, ichki qismi andezit, beshtaunit yoki sopol bilan himoyalangan bo'ladi. 5.6-rasmda halqa shaklidagi to'ldirgichli niqoblangan po'lat minora tasvirlangan. Pastki kolosnik (to'ldirgichni tutib turuvchi panjara) osti qismidagi niqob

qalinligi 300 dan 450 mm gacha, kolosnikli panjara ustki qismida esa – 120 mm dan 250 mm gacha bo'ladi. Denitratsiya va mahsulot minoralaridagi niqob boshqa minorali tizimlardagiga nisbatan katta qalinlikda bo'ladi, chunki ularga nisbatan yuqori haroratli gaz keladi. Minora tomi armaturali kislotabardosh betondan tayyorlanadi.



5.6-rasm. Niqoblangan po'lat minora:

- 1 – po'lat korpus; 2 – niqob; 3 – lyuk; 4 – armaturali kislotabardosh betondan tayyorlangan tom qismi; 5 – changlatuvchi quvur; 6 – gidravlik zatvor; 7 – kolosnik panjara kolonnalari; 8 – to'ldirgich; 9 – kolosniklar.

Minora to'ldirgichlari. Gazning suyuqlik bilan iloji boricha to'la to'qnashishini ta'minlash uchun minoralar to'ldirgichlar bilan to'ldiriladi. To'ldirgichli minoralarda gaz suyuqlik bilan namlangan to'ldirgichlarning sirtida to'qnashadi, ochiq minoralarda esa changlanadigan suyuqlikning mayda tomchilari sirtida to'qnashadi.

Minoralar ishining samaradorligi birmuncha to'ldirgich turiga va uning joylanish usuliga hamda to'ldirgichsiz minoralarda esa suyuqlikning changlanish va taqsimlanish darajasiga bog'liqdir. Turli xil shakldagi to'ldirgichlar ishlatiladi. To'ldirgich shakllarini tanlash har bir o'tkaziladigan jarayon xususiyatidan kelib chiqib belgilanadi.

To'ldirgich sifatini tavsiflaydigan asosiy ko'rsatkichlar quyidagilardan iboratdir:

- 1) solishtirma sirt yuzasi to'ldirgich 1 m³ hajmdagi to'ldirgichning sirt yuzasi (m²/m³ da);

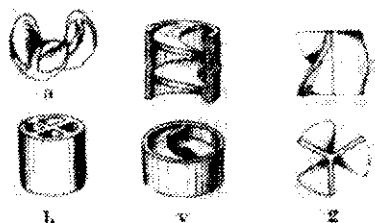
- 2) erkin hajmi to'ldirgich 1 m^3 hajmdagi to'ldirgichning gaz o'tadigan bo'shliq hajmi (m^3/m^3 da); bu ko'rsatkich to'ldirgichning gidravlik qarshiligini aniqlaydi;
- 3) hajmiy massa (kg/m^3 da);
- 4) kislota bardoshligi;
- 5) arzonligi.

5.7- va 5.8-rasmlarda sulfat kislota sanoatlarida qo'llanilayotgan to'ldirgichlar turlari tasvirlangan.



5.7-rasm. Minoralarining halqali to'ldirgichi:

a — to'kib qo'yilgan; b — taxlangan.



5.8-rasm. Har xil shakldagi keramik to'ldirgichlar:

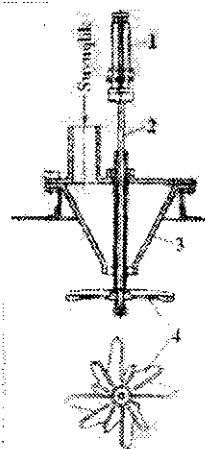
a — egarsimon to'ldirgich; b — to'r teshikli halqa; v — spiralli halqa; g — propellerli to'ldirgich.

Minoraning to'ldirgich to'ldirilgan balandligi H ning uning ichki diametri D ga nisbati (H/D) 2-3 dan kam bo'lmashligi va 6-8 dan katta bo'lmashligi lozimdir. H/D nisbat kichik yoki katta bo'lganda suyuqlik taqsimlanadigan to'ldirgichni bir xilda namlamaganligi sababli ko'pincha absorbsiyani kerakli darajada to'la amalga oshirilishiga erishib bo'lmaydi.

Suyuqliklarni uzatish uchun taqsimlash qurilmalari. Minoralarining, shuningdek, barcha minorali tizimning me'yorida ishlashi nafaqat taqsimlanadigan kislota miqdoriga, balki minora ko'ndalang kesimi bo'yicha kislota bir xilda taqsimlanishiga ham bog'liqdir.

Minoraning ko'ndalang kesimi bo'yicha taqsimlanadigan kislota taqsimlash uchun juda ko'p turdagi qurilmalar ishlatiladi.

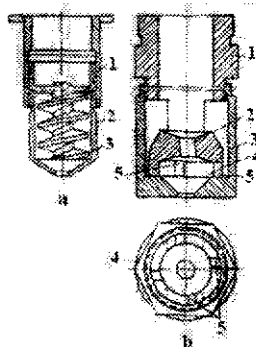
Zamonaviy korxonalarda minora tomining markaziga o'rnatiladigan markazdan qochma sachratqichlar keng ko'lamda ishlatilmoqda (5.9-rasm).



5.9-rasm. Markazdan qochma sachratqich:

1 – aylanma harakatlantirgich; 2 – val; 3 – kislota uchun kamera; 4 – minora tomi; 5 – parrakli taqsimlagich.

Keyingi yillarda nitrozali usul bilan sulfat kislota ishlab chiqarishda mineralarga suyuqlikni taqsimlash uchun mexanik forsunkalar juda keng miqyosda ishlatilmoqda. Ularning asosiy afzalligi shundaki, qurilmalar sodda ishlangan va kislota bir xilda taqsimlanadi. 5.10-rasmda ichki qismi bo'sh minoralarda suyuqlikni sachratuvchi mexanik forsunkalarning ikki turi tasvirlangan.



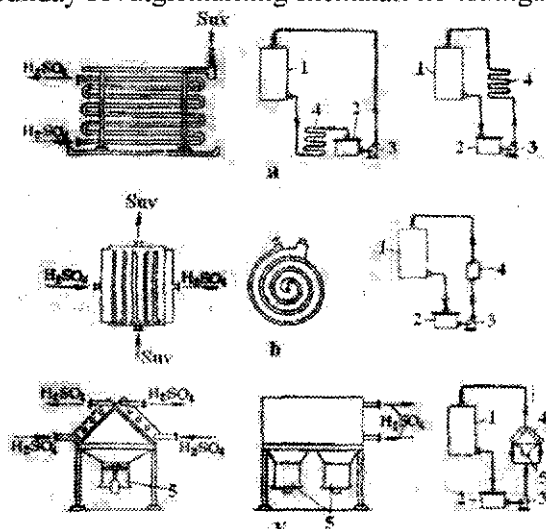
5.10-rasm. Mexanik forsunkalar:

a: 1 – stakan; 2 – korpus; 3 – vint

b: 1 – vkladish; 2 – vkladishning markaziy teshigi; 3 – forsunka korpusi; 4 – aralashish kamerasi; 5 – vkladish chambaragining kesimi.

Kislota sovutgichlari. Sulfat kislota ishlab chiqarishda ko'p miqdordagi issiqlik ajralib chiqadi, uni samarali ajratib olish sanoat sharoitida muhim ahamiyatga egadir. Kontakt va nitroza jarayonlari asosiy bo'limlarining harorat rejimi kislota sovutgichlarining ishi bilan belgilanadi.

Sulfat kislota ishlab chiqarish sanoatlarida turli xildagi: ko'tarma, suyuqlikni taqsimlash, quvurli va boshqa kislota sovutgichlari ishlatiladi. 5.11-rasmda bunday sovutgichlarning sxemalari ko'rsatilgan.



5.11-rasm. Kislota sovutgichlari:

a – suyuqlik taqsimlanuvchi; b – spiralli; v – havoli
1 – minora; 2 – yig'gich; 3 – nasos; 4 – sovutgich; 5 – havo ventilyatori.

2-§. Minorali tizimning texnologik tartibi (rejimi)

Minoralar miqdori. Sulfat angidridni minorali usul bilan qayta ishlash jarayoni xususan ikki bosqichda amalga oshiriladi:

- 1) sulfat angidridni oksidlash va sulfat kislota olish;
- 2) chiqindi gazlaridan azot oksidlarini absorbsiyalash.

Bu bosqichlardan har biri amalda bir necha jarayonlarni qamrab oladi va bir necha minoralarda amalga oshiriladi. Minoralar bo'yicha jarayonlarni alohida-alohida to'la ajratish mumkin emas, chunki har bir minorada asosiy jarayonlar bilan bir vaqtda qo'shimcha jarayonlar ham sodir bo'ladi. Masalan, birinchi minorada sulfat kislotali eritmaning denitratsiyasi bilan birgalikda bir qism sulfat angidridning oksidlanishi

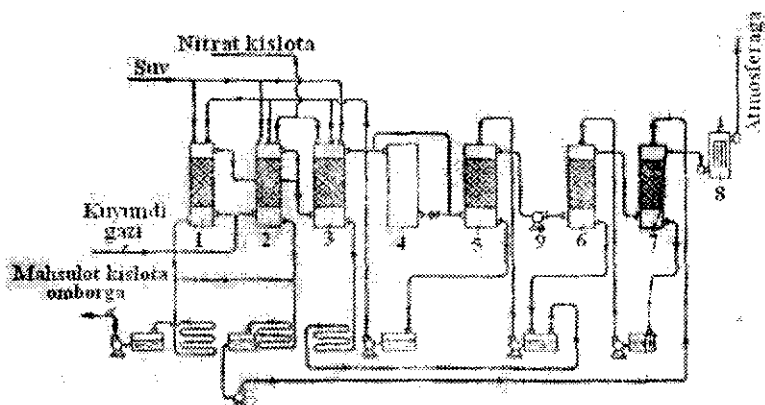
sodir bo'ladi. Ikkinchi minorada, ayniqsa, minoraning yuqori qismida sulfit angidrid va azot oksidlarining bir vaqtda oksidlanishi ularning taqsimlanadigan kislotaga absorbsiyasi bilan bir vaqtda sodir bo'ladi. Absorbsiya minorasida azot oksidlarining yutilishi ularning oksidlanishi bilan birgalikda amalga oshadi.

Minorali jarayon nafaqat beshta, balki undan ko'p yoki oz sondagi minoralarda ham o'tkazilishi mumkin. Masalan, oltitadan, yettitadan va xattoki sakkiztadan minoralari bo'lgan minorali tizimlar mavjuddir. Nazariy jihatdan olganda sulfit angidridni qayta ishlashning nitrozali jarayoni bitta minorada yakunlanadigan minorali tizimlarni barpo qilish mumkin. Minoralar soni ortib borishi bilan tizimning texnologik tartibi (rejimi) ancha barqaror holatga keladi, chunki bitta minorada uning buzilishini osonlik bilan oldi olinadi. Tizimda minora qanchalik kam bo'lsa, unda shunchalik doimiy texnologik rejimni o'rnatish qiyin kechadi.

Nitrozali jarayonni o'rganish hamda avtomatik nazorat va boshqarishni kiritish orqali tizimdagi minoralar soni birin-ketin kamaytirila boshlandi. Lekin nitrozali jarayon jadalligining oshishida minoralar miqdorini kamaytirish hamma vaqt ham o'zini oqlamaydi. Minorali tizim jadalligi ($\text{kg/m}^3 \text{ da}$) barcha minoralar hajm yig'indisining birligida sutkasiga olinadigan sulfat kislotasi ($100\% \text{ H}_2\text{SO}_4$ hisobidagi) miqdori bilan tavsiflanadi. Shuning uchun qayta jihozlanayotgan minorali tizimlarda yuqori jadallikka va nitrat kislotasini kam sarflanishiga erishish uchun yettita minora, tizim oxirida esa – chiqindi gazlaridan sulfat kislotasini ushlab qolish uchun elektrofiltr o'rnatish ko'zda tutilgan (5.12-rasm).

Qaynoq kuyundi gazi parallel holatda birinchi mahsulot minorasi hisoblangan ikkita bir xil minora – denitrator (1) va konsentratorga (2) keladi. Bu minoralardan chiqadigan gazlar bitta umumiy oqimga qo'shiladi va ikkinchi mahsulot minorasiga (3) yuboriladi. Shundan keyin gaz oksidlovchi hajm – oksidlash minorasi (4) va uchta absorbsiya minoralaridan (5-7) o'tadi.

Gaz oxirgi absorbsiya minorasidan (7) sulfat kislotasi tomchilari va bug'larini tutib qolish uchun siklon – tomchi ushlagichga yoki elektrofiltrga (8) yuboriladi, so'ngra esa quvur orqali atmosferaga chiqarib yuboriladi. Minorali tizim orqali gazlarni aralashtirish uchun birinchi absorbsiya minorasi (5) va ikkinchi absorber (6) orasiga o'rnatilgan ventilyator 9 xizmat qiladi. Shunday qilib, minoralar (1-5) vakuum ostida, minoralar (6 va 7) va elektrofiltr (8) bosim ostida ishlaydi.



5.12-rasm. Zamonaviy yetti minorali tizim tasviri:

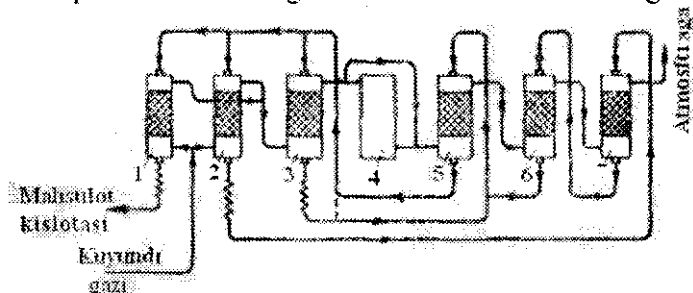
1 – denitratsiya minorasi (denitrator); 2 – birinchi mahsulot minorasi (konsentrator); 3 – ikkinchi mahsulot minorasi; 4 – ichki qismi bo'sh oksidlash minorasi (oksidlash hajmi); 5–7 – absorbsiya minoralari (absorberlar); 8 – elektrofiltr; 9 – chiqindi gaz ventilyatori.

Tizimning boshida qo'shimcha minora o'rnatish, ulardan birida (minora 1) azot oksidlari miqdori minimal (0,03%) bo'lgan mahsulot sulfat kislotalari, ikkinchisi mahsulot minorasida (2) esa – oxirgi absorbsiya minorasini (7) suyuqlikni taqsimlash uchun beriladigan nisbatan kam denitrozalangan (0,5% gacha azot oksidlari bo'lgan) sulfat kislotalari olish imkoniyatini yaratadi. Absorbsiya minorasi (7) uchun taqsimlashga beriladigan kislotalarda 0,5% gacha azot oksidlarining bo'lishi, unda azot oksidlarining absorbsiyalanishiga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatmaydi, kislota miqdori esa talab etiladigan minorani suyuqlikni taqsimlash zichligini hosil qilish uchun yetarlidir. Bundan tashqari, ikkinchi mahsulot minorasi kislotalarining konsentratsiyasi birinchi minoranikiga nisbatan yuqori bo'ladi. Ma'lumki, H_2SO_4 konsentratsiyasining ortishi bilan minorali tizim oxiridagi azot oksidlarining absorbsiyasi yaxshilanadi.

Keltirilgan sxema bo'yicha ikkinchi mahsulot minorasida (3) SO_2 ning oksidlanishi yuqori tezlikda sodir bo'ladi, chunki bu minora konsentrlangan nitroza suyuqligi taqsimlanadi. Tizim oxirida qo'shimcha absorbsiya minorasining (7) o'rnatilishi, asosan sanitariya va ekologik talablar bo'yicha chiqindi gazlarini azot oksidlaridan yetarlicha tozalash imkoniyatini yaratadi. Shuning uchun bu minorani *sanitar minora* deb ham ataladi.

Suyuqlikni taqsimlash tizimi. Suyuqlikni taqsimlashning umumiy tizimi, ya'ni minoralar bo'yicha kislotaning uzatilishi tizimning texnologik rejimiga va minoralar miqdoriga bog'liqdir.

Yetti minorali (ichki qismi bo'sh bo'lgan oksidlash minorasi bilan) suyuqlikni taqsimlash tizimining tasviri 5.13-rasmda ko'rsatilgan.



5.13-rasm. Yetti minorali tizimdagi suyuqlikni taqsimlash tizimining tasviri (minoralarni belgilash 5.12-rasmdagi kabi).

Ikkala (5.12- va 5.13-rasm) sxemada ham konsentrlangan va denitrolangan sulfat kislota minora-konsentratoridan (2) oxirgi absorbsiya minorasini (7) suyuqlikni taqsimlashga uzatiladi, buning natijasida azot oksidlarining yuqori darajada yutilishi ta'minlanadi. Maksimal miqdordagi azot oksidlari tutgan kislota (minora 5 dan) mahsulot minoralarini (2 va 3) suyuqlikni taqsimlanadi, bu sulfat angidrid oksidlanishini yuqori tezlikda borishini ta'minlaydi.

Agar mahsulot minorasidan (2) keladigan kislota miqdori oxirgi absorbsiya minorasi to'ldirgichlarini to'la namlash uchun yetarli bo'lmasa, absorberdan (7) chiqadigan kislotaning bir qismi uni o'zini suyuqlikni taqsimlashga qaytariladi, ya'ni oxirgi absorbsiya minorasi qisman «o'z-o'ziga» suyuqlik taqsimlanadi.

Suyuqlikni taqsimlash zichligi. Elektroenergiyani iqtisod qilish uchun suyuqlikni taqsimlash zichligi minimal bo'lishi, lekin to'ldirgichlarni to'la namlash uchun yetarli bo'lishi kerak. Kerakli darajadagi minimal suyuqlikni taqsimlash zichligini to'ldirgich sirt yuzasidan va bu yuzani namlaydigan kislota plyonkasi qalinligidan kelib chiqib hisoblash mumkin. Laboratoriya ma'lumotlariga ko'ra, minimal suyuqlikni taqsimlash zichligi $3-4 \text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{soat})$ ni tashkil etadi. Sanoat sharoitida suyuqlikni taqsimlash zichligi birmuncha kattadir – $10-15 \text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{soat})$ ni tashkil qiladi, chunki hozirda qo'llanilayotgan kislota sachratqichlari minoraning barcha ko'ndalang kesimi bo'yicha kislotani

bir xilda tekis taqsimlanishini ta'minlay olmaydi, suyuqlikni taqsimlash zichligi ortishi bilan esa kislotaning bir xilda taqsimlanmasligi kamayadi. Bundan tashqari, suyuqlikni ortiqcha taqsimlash zichligi mahsulot zonasida unga yetarlicha miqdordagi azot oksidlari berilishiga olib keladi.

Suyuqlikni taqsimlash zichligi juda katta bo'lganda minoralarning «tiqilib qolishi» kuzatiladi – to'ldirgichda gazning o'tishi uchun erkin bo'shliq shunchalik kamayadi, bu esa suyuqlik qatlami orasidan gazning ko'pchib chiqishiga olib keladi.

Suyuqlikni taqsimlash zichligidan tashqari, *suyuqlikni taqsimlash takroriyli*gi atamasi ham ishlatiladi. Suyuqlikni taqsimlash takroriyli deganda barcha minoralarga taqsimlanadigan kislotaning umumiy miqdorini tayyor mahsulot miqdoriga nisbati tushuniladi. Suyuqlikni taqsimlash qaytaligi moddiy balans ma'lumotlari bo'yicha aniqlanadi va u odatda 30-50 ni tashkil etadi. Suyuqlikni bir xil taqsimlash zichligida tizim qanchalik jadallik bilan ishlasa, suyuqlikni taqsimlash takroriyli shunchalik kam bo'ladi. Jadalligi kam tizimlarda suyuqlikni taqsimlash zichligini yetarlicha hosil qilish uchun uning takroriyli, minorani qisman «o'z-o'ziga» suyuqlikni taqsimlanishi orqali oshiriladi.

Taqsimlanadigan kislota konsentratsiyasi. 5.13-rasmdan ko'rinadiki, minoralarga taqsimlanadigan kislota bitta umumiy siklda aylanadi: absorbsiya minorasidan kislota mahsulot minorasiga taqsimlash uchun yuboriladi, so'ngra kislotaning bir qismi oxirgi absorbsiya minorasiga taqsimlash uchun, qolgan qismi esa tayyor mahsulot omboriga yuboriladi. Shuning uchun minorali kislotaning konsentratsiyasini tanlash nafaqat texnologik omillar orqali, balki kislota iste'molchilari talabiga, uni tashish sharoitlariga va boshqalarga qarab aniqlanadi.

Davlat standartlari talablariga muvofiq, minorali kislota konsentratsiyasi 75% H_2SO_4 dan kam bo'lmasligi lozimdir. Bunday kislotaning kristallanish harorati $-51^{\circ}C$ ga teng, shuning uchun qish faslida tashish va saqlashda uni amalda muzlab qolishi kuzatilmaydi.

Minorali sulfat kislota zavodlarida sifati bo'yicha ko'pchilik iste'molchilar talabini qanoatlantiruvchi va tashish uchun anchagina qulay nisbatan yuqori konsentratsiyali kislota ham ishlab chiqarilishi mumkin. Lekin H_2SO_4 konsentratsiyasi ortishi bilan birinchi minora (denitrator) da kislotaning denitratsiya darajasi yomonlashadi, mahsulot minoralarida esa SO_2 ning oksidlanish tezligi pasayadi va hokazo.

Minoralarga quyi konsentratsiyali (75% H_2SO_4 dan kam) kislota taqsimlash azot oksidlarining absorbsiyalanishini yomonlashishiga va ular yo'qotilishining ortishiga olib kelganligi sababli maqsadga muvofiq

emasdir. Bundan tashqari, konsentratsiya 75% H_2SO_4 dan kam bo'lganda, kislota po'lat va cho'yan jihozlar korroziyalanishini kuchaytiradi.

Ayrim zavodlarda denitratsiya minorasida nisbatan yuqori konsentratsiyali kislota olish uchun denitrator oz miqdordagi kislota taqsimlanadi; kislota qaynoq kuyundi gazi bilan qizdiriladi va 90-91% H_2SO_4 konsentratsiyagacha bug'latiladi. Ammo bu texnologik jarayonni murakkablashtiradi va shuning uchun ayrim hollardagina amalda qo'llaniladi.

Suyuqlikni taqsimlash harorati va nitrozaliligi. Kislota harorati va nitrozaliligi qanchalik yuqori bo'lsa, sulfat angidridning nitrozaga absorbsiya tezligi shunchalik katta bo'ladi. Shuning uchun mahsulot minoralarida taqsimlanadigan kislota harorati va nitrozaliligini nisbatan yuqori darajada ushlab turish maqsadga muvofiqdir. Ammo mahsulot minoralariga absorbsiya minoralaridan keladigan kislota taqsimlanadi, ular harorati va nitrozaliligining ortishi bilan azot oksidlarining yutilishi yomonlashadi. Shunga bog'liq holda minimal jarayonda taqsimlanadigan kislota harorati (optimal) harorati va nitrozaliligi tanlanishiga to'g'ri keladi.

Oxirgi absorbsiya minorasiga taqsimlanadigan kislota harorati iloji boricha past bo'lishi kerak; u muzlatgichga taqsimlash uchun beriladigan sovutuvchi suv harorati bilan aniqlanadi. Texnologik me'yorlar bo'yicha tizim oxirgi minorasiga taqsimlanadigan kislota harorati 40°C dan ortmasligi kerak. Bunda azot oksidlari absorbsiyasi uchun yaxshi sharoit yaratiladi, mahsulot minoralari harorat rejimiga oxirgi absorbsion minoradan keladigan kislota harorati sezilarsiz darajada ta'sir ko'rsatadi.

Birinci absorbsiya minorasiga taqsimlanadigan kislota 45-55°C haroratga ega bo'ladi. Azot oksidlarining absorbsiyasi va suv bug'ining kondensatsiyasi natijasida ajraladigan issiqlik hisobiga kislota 15-20°C ga qiziydi va birinci absorberdan chiqishda 60-75°C haroratga ega bo'ladi. Kislota shu haroratda denitratorga va mahsulot minoralariga taqsimlashga keladi. Denitratsiya minorasidan chiqadigan kislota harorati, asosan, undagi H_2SO_4 konsentratsiyasi va denitratorga beriladigan kuyundi gazining haroratiga bog'liqdir. Bu harorat qanchalik yuqori bo'lsa, sulfat kislota shunchalik ko'p dinitratsiyalanadi va shunchalik ko'p denitratsiyalangan kislota olinadi, bu oxirgi absorbsiya minorasi ishi uchun muhim ahamiyatga egadir.

Mahsulot minorasiga taqsimlanadigan kislota harorati va nitrozaliligi sulfat angidridni sulfat kislota qayta ishlash uchun amalda ta'minlashi

kerak: oxirgi mahsulot minorasidan chiqadigan gazdagi SO_2 miqdori 0,2% dan oshmasligi lozim. Suyuqlikni taqsimlash nitrozaliligi ortishi bilan minoralardagi SO_2 ni qayta ishlash jadalligi ortadi. Shuning uchun zamonaviy minorali tizimlarda mahsulot minorasiga taqsimlanadigan kislota nitrozaliligi 15-16% ga yetadi. Lekin kislota nitrozaliligining ortishi bilan SO_2 ni qayta ishlash jadalligi ma'lum chegaragacha ortadi, unga yetgach, jadallik o'zgarmay qoladi. Shunday qilib, sanoat sharoitida kislota nitrozaliligini haddan tashqari oshirib yuborish ham maqsadga muvofiq emas, chunki ortiqcha nitrozalilik chiqindi gazlari bilan azot oksidlari yo'qotilishining ortishiga olib keladi.

Kislota aylanishi (taqsimlanadigan kislota miqdori), harorat va taqsimlanadigan kislota nitrozaliliga azot aylanishi, ya'ni mahsulot zonasida gaz fazasiga ajraladigan azot oksidlari miqdori (1 t mahsulotga to'g'ri keladigan HNO_3 kg hisobida) bog'liqdir. Minorali tizimlarda ularning jadalligi sutkasiga 200-250 kg/m^3 ga yetadi, azot aylanishi esa 700-900 kg/t ni tashkil etadi.

Azot aylanishi kislota nitrozaliligi miqdori va nitrozaliligi bilan bog'liq quyidagi nisbat bilan aniqlanadi:

$$G_{\text{HNO}_3} = \frac{\sum G_k N_k - \sum G_v N_v + B}{Q}$$

bu yerada: G_k va G_{ch} – mahsulot minorasiga kiradigan va undan chiqadigan nitroza miqdori, kg/soat ; N_k va N_{ch} – kiradigan va chiqadigan nitrozalardagi HNO_3 miqdori, birlik ulushda; V – yo'qotishni to'ldirish uchun tizimga beriladigan HNO_3 miqdori, kg/soat ; Q – 100% li H_2SO_4 hisobida tizim unumdorligi, t/soat .

Azot aylanishini oshirish, ya'ni taqsimlanadigan kislota harorati va nitrozaliligini haddan ziyod oshirish gaz fazasiga qo'shimcha azot oksidlarining ajralishiga olib keladi, bu esa absorbsiya minoralari ish sharoitini yomonlashtiradi.

Azot oksidlarini absorbsiyaga tayyorlash. Hisoblashlar va amaliy tajribalarning ko'rsatishicha, bir vaqtda NO ning oksidlanishi va N_2O_3 ning sulfat kislotaga absorbsiyalanishining borishi ikkala jarayon tezligini ham pasaytiradi. Agar dastlab NO ni N_2O_3 ga oksidlansa, so'ngra azot oksidlarini yuttirish jarayoni amalga oshirilsa, azot oksidlarining oksidlanish tezligi anchagina ortadi.

Minorali tizimda azot oksidlari ichki qismi bo'sh bo'lgan minoralarda oksidlanadi. Absorbsiya minoralarida ham azot oksidlarining oksidlanishi davom etadi. Absorbsiya minoralarida azot oksidlari yutilish

tezligini kamayishiga olib keladigan keragidan ko'p miqdordagi NO oksidlanishini oldini olish uchun oksidlash hajmida (minorasida) NO va NO₂ ekvimolekulyar nisbatiga nisbatan oz miqdordagi NO ni NO₂ ga oksidlanadi. Absorbsiya minoralarida NO ning qo'shimcha oksidlanishi natijasida ekvimolekulyar nisbatdagi NO va NO₂ ning yutilish jarayoni uchun qulash sharoitga erishiladi.

Minorali jarayonda azot oksidlarining talab etiladigan oksidlanish darajasiga bu jarayonni amalga oshirish uchun belgilanadigan maxsus oksidlash minorasiz ham erishish mumkin. Buning uchun mahsulot minorasida shunday tartib o'rnatish lozimki, bunda oxirgi mahsulot minorasida nafaqat SO₂ ni oksidlash yakunlanishi, balki NO ni kerakli darajagacha oksidlash ta'minlanishi lozimdir.

Minorali tizimning issiqlik balansi. Minorali tizimning sovutgichlar bilan birgalikdagi issiqlik balansi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$Q_k + Q_r + Q_{\text{suyult.}} + Q_{\text{kond.}} = Q_{\text{ch}} + Q_s + Q_y$$

Bu yerda: Q_k va Q_{ch} – kiradigan va chiqadigan gazning entalpiyasi; Q_r – H₂SO₄ olish reaksiyasining issiqligi; $Q_{\text{suyult.}}$ – mahsulot kislotasining belgilangan konsentratsiyasigacha H₂SO₄ ni suyultirish issiqligi; $Q_{\text{kond.}}$ – gaz bilan kiradigan gazning kondensatsiya issiqligi; Q_s – sovutgich suv bilan chiqib ketadigan issiqlik; Q_y – tashqi muhit bo'yicha tizimda yo'qotiladigan issiqlik.

5.1-jadvalda tarkibida 7 va 9,5% SO₂ tutgan kuyundi gazini 1 t H₂SO₄ ga qayta ishlashdagi issiqlik balansi keltirilgan. Kiradigan gazning harorati 350°C, namligi esa 5% ga teng. Tizimdan chiqadigan gaz harorati 35°C da, mahsulot kislotasining konsentratsiyasi 76% H₂SO₄ deb olingan.

5.1-jadval

1 t H₂SO₄ olish tizimining issiqlik balansi

(kuyundi gazi tarkibida 7 va 9,5% SO₂ bo'ladi)

Issiqlik kirimi	Miqdori, Mj		Issiqlik chiqimi	Miqdori, Mj	
	7,0% SO ₂	9,5% SO ₂		7,0% SO ₂	9,5% SO ₂
Kuyundi gazi bilan	1550	1150	Gaz bilan chiqib ketadigan	120	90
H ₂ SO ₄ olish issiqligi	2300	2300	Sovitgich suv bilan chiqib ketadigan	3880	3510
Suv bug'ining kondensatsiya issiqligi	150	150			
Hammasi:	4000	3600	Hammasi:	4000	3600

Jadvaldan ko'rish mumkinki, 1 t H_2SO_4 olishda sovitgichlarda suv bilan qariyib 4000 Mj (1 mln kkal) issiqlik chiqarib olinishi kerak. Issiqlik uzatish tenglamasiga muvofiq, sovitishga beriladigan kislota harorati qanchalik yuqori bo'lsa, sovitgichlardagi kerakli darajadagi issiqlik almashinish yuzasi shunchalik bo'ladi. Bu shuni bildiradiki, mahsulot minorasidan chiqadigan kislotalardan barcha issiqlikni ajratib olinsa va uni to'la sovutish agentiga uzatilsa sovitish tizimi samarador bo'ladi. Agar absorbsiya minorasi «o'zini-o'ziga» suyuqlik taqsimlasa va unga sovitgichlar o'rnatilgan bo'lsa, talab etiladigan sovitish yuzasi birmuncha kattalashadi.

Topshiriq. Birinchi minoraning issiqlik balansini hisoblang.

Boshlang'ich ma'lumotlar:

Minorali tizim unumdorligi A, t/soat H_2SO_4	10
Gazning harorati, $^{\circ}C$:	
minoragi kirishda t_k	350
minoradan chiqishda t_k	100
Minoraga taqsimlanadigan kislota miqdori, m^3 /soat	45
Taqsimlanuvchi kislota konsentratsiyasi, % H_2SO_4	75 (61,2% SO_3)
Kislota harorati, $^{\circ}C$:	
minoraga taqsimlanadigan t_n	50
minoradan chiqadigan t_n	130
Minorada oksidlanadigan SO_2 ulushi, %	0,2
Minoraga kiradigan gazdagi oltingugurtdan foydalanish darajasi, %	0,94

Chiqindi gazlarini zararsizlantirish. Azot oksidlarini ajratib olish.

Azot oksidlarining bir qismi (0,25% yoki 4,7 g/ m^3 gacha) absorbsiya minorasidan chiqadigan gaz tarkibida ham qoladi. Bunday katta miqdordagi azot oksidlari tutgan gazlarni atmosferaga chiqarib yuborish ekologik va sanitar me'yorlariga ziddir, bundan tashqari, buning natijasida ko'p miqdordagi nitrat kislota yo'qotiladi. Shuning uchun chiqindi gazlari maxsus usulda azot oksidlaridan tozalanadi.

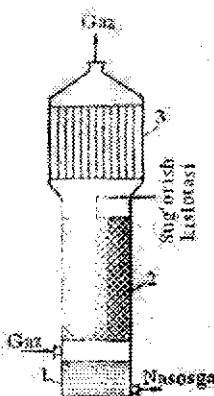
Chiqindi gazlarini azot oksidlaridan tozalashning eng samarador usuli – gazni konsentrlangan sulfat kislota bilan qayta ishlashdir. Buning uchun tashqaridan yoki denitratsiya minorasidan olinadigan kislota hisobiga to'ldirilgan va «o'z-o'ziga» suyuqlik taqsimlaydigan sanitar absorbsiya minorasi o'rnatiladi.

Sulfat kislota tomchilari va bug'larini ajratib olish. Chiqindi gazlarida, shuningdek, sulfat kislotasi taqsimlanadigan minoralardan gazlar bilan chiqib ketadigan ma'lum miqdordagi H_2SO_4 tomchilari ham bo'ladi. Tomchilarni ushlab qolish uchun chiqindi gazlari siklon-tomchi ushlagichlarga yuboriladi.

Chiqindi gazlari tarkibida, bundan tashqari, denitratsiya va konsentratsiya minoralarida kuyundi gazini sovitishda hosil bo'ladigan sulfat kislotali bug' ham bo'ladi.

Ko'pchilik minerali zavodlar chiqindi gazlarining 1 m^3 da 5 g sulfat kislota bug'i bo'ladi.

Chiqindi gazlaridan bug' va tomchilarni ajratib olish uchun minerali zavodlarda elektrofiltirlar o'rnatiladi. Ayrim zavodlarda elektrofiltr oxirgi absorbsiya (sanitar) minorasining yuqori qismiga o'rnatilgan. Bu jihoz (5.14-rasm) po'lat minora ko'rinishida bo'lib, yuqori qismi kengaytirilgan va ichki qismi kislotaga chidamli g'ishlar bilan muhofazalangan bo'ladi. Minoraning pastki qismi kislota yig'gichi hisoblanadi, o'rta qismiga halqali sopol to'ldirgich joylashtirilgan, yuqoridagi kengaytirilgan qismiga esa elektrofiltrning po'lat quvurlari joylashtirilgan. Jihoz to'ldirgichlariga minora-denitrator yoki minora-konsentratoridan keladigan sovitilgan sulfat kislota taqsimlanadi.



5.14-rasm. Minerali tizimda chiqindi gazlarini tozalash uchun jihoz:

1 – kislota yig'gichi; 2 – to'ldirgich; 3 – elektrofiltr.

Minerali tizim me'yorida ishlaganda chiqindi gazlaridagi SO_2 miqdori 0,1-0,2% ni tashkil qiladi; bunday gazlarni maxsus tozalashsiz

baland quvur orqali (quvur balandligi hisoblashlar orqali belgilanadi) atmosferaga chiqarib yuborilishi mumkin.

Nazorat uchun savollar

1. Nitrozali usulning mohiyatini tushuntiring.
2. Minorali usul bilan sulfat kislota ishlab chiqarishning texnologiyasini tushuntiring.
3. Nitroza jarayonining fizik-kimyoviy asoslari ayting.
4. Azot oksidlarini sulfat kislota bilan absorbsiyalash qanday amalga oshiriladi?
5. Azot oksidlarining xossalarini ayting.
6. Azot oksidlarining absorbsiya tezligi qanday bo'ladi?
7. Sulfat angidridning nitrozaga absorbsiyasi qanday amalga oshadi?
8. Sulfat angidridning nitroza bilan oksidlanish jarayonini tushuntiring.
9. Nitrozadan azot oksidlarini yo'qotish (denitratsiya) usullarini ko'rsating.
10. Gaz fazada azot oksidlarining kislorod bilan oksidlanish jarayonini tushuntiring.
11. Minorali tizimda minoralar miqdori qanday belgilanadi?
12. Sanitar minora deganda nimani tushunasiz?
13. Minoralarga suyuqlikni taqsimlash tizimi qanday tashkil etiladi?
14. Suyuqlikni taqsimlash zichligi qanday amaliy ahamiyatga ega?
15. Suyuqlikni taqsimlash takroriyliги nima? Uning ahamiyati qanday?
16. Nima uchun minorali tizimda nisbatan yuqori konsentratsiyali (75% H_2SO_4 dan yuqori) kislota ishlab chiqarilmaydi?
17. Nima uchun minorali tizimlarda taqsimlanadigan kislotaning maqbul (optimal) harorati va nitrozaliligi tanlanadi?
18. Azot oksidlarini absorbsiyaga tayyorlash qanday amalga oshiriladi?
19. Minorali tizimning issiqlik balansi qanday hisoblanadi?
20. Chiqindi gazlarini zararsizlantirish usullarining ayting.

VI-bob

SULFAT KISLOTANI KONSENTRLASH

1-§. Sulfat kislota konsentrlashning fizik-kimyoviy asoslari

Sulfat kislota konsentrlashning maqsadi va mohiyati. Sulfat kislota ko'p miqdorda suv tortib oluvchi vosita sifatida, masalan, nitrat kislota konsentrlashda, organik sintezning ko'pgina jarayonlarida, portlovchi moddalar ishlab chiqarishda, gazlarni quritishda va hokazolarda ishlatiladi. Bunda oz miqdorda bo'lsa ham sulfat kislota sarflanib ketadi (sanoatdagi yo'qotish), asosan u jarayondan suyultirilgan (kuchsiz) kislota tarzida chiqib ketadi. Bunday kislota konsentrlanadi va sanoat sikliga qaytariladi yoki boshqa iste'molchilarga yuboriladi. Konsentrlangan sulfat kislota yetishmaganda esa tarkibida 75% H_2SO_4 bo'lgan nisbatan kuchsiz minorali kislota ham konsentrlanishi mumkin.

Ko'pchilik hollarda suv tortib oluvchi sulfat kislota nafaqat suyuladi, balki jarayon paytida turli xil qo'shimchalar bilan ifloslanadi. Masalan, portlovchi moddalar ishlab chiqarishda chiqindi sulfat kislota tarkibida nitrat kislota, nitrobirikmalar, smolalar kabi qo'shimchalar bo'ladi; spirtlar ishlab chiqarishda chiqindi kislota turli xil uglevodorodlar uchraydi. Chiqindi kislota tarkibidagi qo'shimchalar undan olinadigan konsentrlangan kislota sifatini pasaytiradi, ko'pincha esa, konsentrlash jarayonini qiyinlashtiradi. Bunday hollarda chiqindi kislota iloji boricha oldindan qo'shimchalardan tozalashga harakat qilinadi.

HNO_3 qo'shimchalari odatda sulfat kislota bilan denitratsiyasi yo'li bilan yo'qotiladi, nitrobirikmalar va smolalar esa tindirish va ekstraksiyalash orqali ajratiladi. Ayrim hollarda, kislota qo'shimchalardan tozalashning imkoni bo'lmasa va u konsentrlash uchun yaroqsiz bo'lsa, uni suyultirilgan (kuchsiz) kislota sifatida undagi qo'shimchalar jarayonga ta'sir ko'rsatmaydigan sohalarida (masalan, superfosfat ishlab chiqarishda) ishlatiladi yoki sulfat kislota SO_2 ga parchalanadi.

Sulfat kislota konsentrlash jarayoni qizdirilganda undan namlikni yo'qotilishidan iboratdir; ko'pchilik hollarda kislota qaynoq gazlar bilan

qizdiriladi. Gazdan kislotaga issiqlik uzatish usuliga bog'liq holda konsentrlash uchun jihozlarni ikkita guruhga bo'lish mumkin: qaynoq gazlar va kislota to'g'ridan-to'g'ri to'qnashuvi bilan amalga oshadigan jihozlar hamda tashqi qizdirgichli jihozlar, ularda issiqlik to'siq orqali uzatiladi. To'siq orqali issiqlik uzatishda konsentrlash jarayoni atmosfera bosimida yoki vakuumda amalga oshiriladi.

Sulfat kislotani konsentrlashning fizik-kimyoviy asoslari. Sulfat kislota suvli eritmaları qizdirilganda hosil qilinadigan gaz fazaning tarkibi va suyuq fazaning tarkibi bir xil bo'lmaydi – gaz fazasi tarkibida suyuq fazaga nisbatan ko'p miqdordagi suv bo'ladi. Shuning uchun sulfat kislota suvli eritmaları qizdirilganda gaz fazasiga sulfat kislotaga nisbatan ko'p miqdordagi suv bug'i o'tadi, buning natijasida H_2SO_4 konsentratsiyasi ortadi. Gaz va suyuq fazalardagi sulfat kislota konsentratsiyalarining nisbati umumiy bug' bosim hamda sulfat kislota va suv bug'ining to'yingan bug' bosimlari kattalıkları bo'yicha hisoblanishi mumkin (1-bob).

1.3-rasmdan (1-bob) ko'rinadiki, sulfat kislota konsentratsiyasi ortishi bilan suyuq va gaz fazalaridagi H_2SO_4 miqdorlari orasidagi farq kamayadi. Masalan, agar 80% li sulfat kislota bug'lari tarkibida ozginagina H_2SO_4 bo'lsa, 90% li sulfat kislota ustidagi bug'da H_2SO_4 konsentratsiyasi taxminan 10% ga yetadi, 98,3% li sulfat kislotada esa suyuq va gaz fazasining tarkibi bir xil bo'ladi. Bundan ko'rinadiki, sulfat kislota eritmasi bug'latilganda uning konsentratsiyasi 98,3% H_2SO_4 gacha muntazam ortadi va keyingi qizdirish natijasida o'zgarmay qoladi. Shunday qilib, sulfat kislota eritmasini 98,3% H_2SO_4 dan yuqori konsentratsiyagacha bug'latib bo'lmaydi.

98,3% H_2SO_4 dan yuqori konsentratsiyali bo'lgan sulfat kislota (ya'ni monogidrat va oleum) ustidagi gaz fazasining tarkibi ham suyuq faza tarkibidan farqlanadi; gaz fazasi tarkibida suyuq fazaga nisbatan H_2SO_4 va SO_3 konsentratsiyasi kattaroq bo'ladi. Shuning uchun yuqori konsentratsiyali sulfat kislota va oleumni bug'latish jarayonida H_2SO_4 miqdori eritmada kamayadi va 98,3% ga yetganda o'zgarmay qoladi.

Sulfat kislotani konsentrlash issiqligi. Sulfat kislotani konsentrlashda ikkita asosiy jarayon sodir bo'ladi: issiqlikning kislotaga uzatilishi va suvning bug'lanishi. Issiqlikning sarflanishi quyidagi bandlardan iborat bo'ladi:

Q_1 – kislotani boshlang'ich haroratdan konsentrlash haroratigacha qizdirish uchun kerak bo'ladigan issiqlik;

Q_2 – suyultirilgan sulfat kislota dan suvni yo‘qotish uchun kerak bo‘ladigan degidratatsiya issiqligi (differensial suyultirish issiqligiga teng qiymatli);

Q_3 – yo‘qotiladigan suv bug‘lanishiga sarflanadigan issiqlik (bug‘ hosil bo‘lish issiqligi);

Q_4 – atrof-muhitga yo‘qotiladigan issiqlik.

Sulfat kislota eritmasi bug‘latilganda suvning bug‘lanishi bilan bir paytda H_2SO_4 ning yo‘qotilishiga olib keladigan uning bug‘lanishi ham sodir bo‘ladi. Eritmada H_2SO_4 miqdori qanchalik ko‘p bo‘lsa, bug‘lanadigan sulfat kislota miqdori ham shunchalik ko‘p bo‘ladi. Zamonaviy konsentrlash qurilmalarida bu miqdor nisbatan katta emas. Shuning uchun umumiy issiqlik balansida sulfat kislota ning bug‘lanish issiqligi odatda hisobga olinmaydi.

Sulfat kislota eritmasini qizdirish uchun kerak bo‘ladigan issiqlik miqdorini quyidagi formula bilan hisoblanishi mumkin:

$$Q = G(H_2 - H_1)$$

bu yerda: G – qizdiriladigan kislota miqdori, kg; H_1 va H_2 – 1 kg kislota ni $0^\circ C$ dan boshlang‘ich harorati t_1 gacha va konsentrlash harorati t_2 gacha qizdirish uchun kerak bo‘ladigan issiqlik miqdori, kkal/kg.

Kislota dan suvni yo‘qotish uchun kerak bo‘ladigan issiqlik quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$Q_2 = 272 \left[\frac{100 - a}{150 - a} - \frac{100 - b}{150 - b} \right]$$

bu yerada: Q_2 – suvni yo‘qotish uchun kerak bo‘ladigan issiqlik (1 kg H_2SO_4 hisobida), kj (yoki kkal); a – kislota ning boshlang‘ich konsentratsiyasi, % H_2SO_4 ; b – kislota ning oxirgi konsentratsiyasi, % H_2SO_4 .

Q_2 nisbatan aniqroq bug‘latish sodir bo‘ladigan haroratni hisobga olgan holda aniqlanadi:

$$Q_2 = \left[\frac{412M_2 + 76}{M_2 + 0,35} - \frac{(0,585M_2 + 0,164)(t - 15)}{M_2 + 0,235} \right] - \left[\frac{412M_1 + 76}{M_1 + 0,35} + \frac{(0,585M_1 + 0,164)(t - 15)}{M_1 + 0,235} \right]$$

bu yerda: M_1 – boshlang‘ich kislota dagi suv va H_2SO_4 miqdorlarining nisbati; M_2 – oxirgi (konsentrlangan) kislota dagi suv va H_2SO_4 miqdorlarining nisbati.

Suvning bug‘lanish issiqligi (1 kg bug‘langan H_2O) quyidagi formula bilan hisoblanishi mumkin:

$$Q_3 = 83,9 \sqrt{365 - t} \text{ kkal}$$

bu yerda: t – bug‘latish harorati, °C.

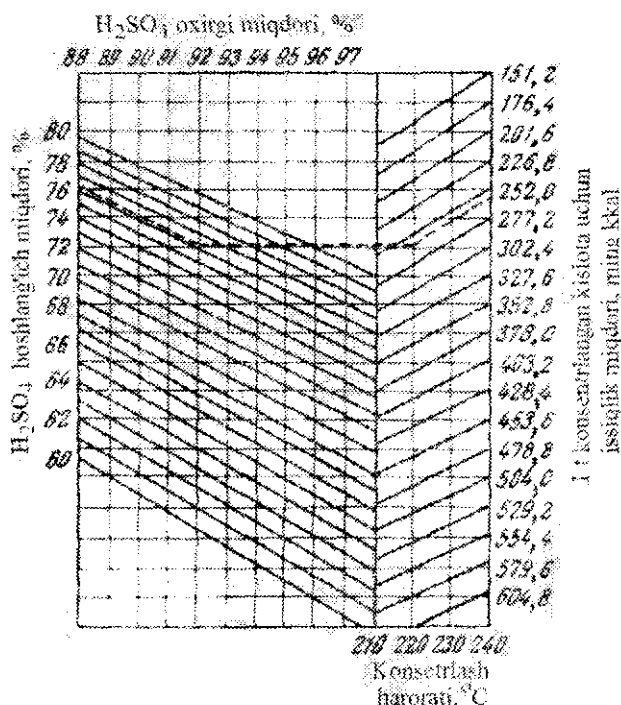
Atrof-muhitga yo‘qotiladigan issiqlik Q_4 konsentrlash qurilmasining tuzilishiga, uning ishlash rejimiga, unumdorligiga va boshqalarga bog‘liqdir.

Suyultirilgan sulfat kislotadan yo‘qotilishi kerak bo‘lgan suv miqdori (kg da) quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi:

$$G = 100B \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right)$$

bu yerda: B – olinadigan konsentrlangan kislota miqdori, kg.

Konsentrlash uchun talab etiladigan issiqlikning umumiy miqdori (yo‘qotilish hisobga olinmaganda), nomogramma bo‘yicha ham aniqlanishi mumkin (6.1-rasm).



6.1-rasm. Kislotani konsentrlash uchun umumiy issiqlik miqdorini aniqlash nomogrammasi.

Nomogramma bo'yicha faqatgina taxminiy sarflanadigan issiqliknigina aniqlash mumkin, lekin bu ishlab chiqarish amaliyoti aniqligi uchun yetarlidir.

2-§. Sulfat kislota konsentrlash

Qaynoq gazni kislota bilan to'g'ridan-to'g'ri to'qnashishi orqali konsentrlash. Qaynoq gazni kislota bilan to'g'ridan-to'g'ri to'qnashishi orqali konsentrlash jihozlarida issiqlik almashinishning yaxshi sharoiti yaratiladi; bunday jihozlarda harorat konsentrlanadigan kislota qaynashigacha yetkazilmaydi, jihozlar sodda va kerakli tejamkordir.

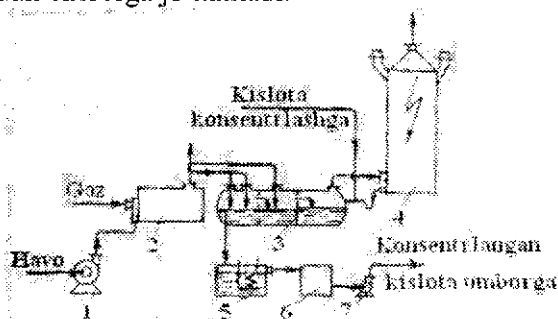
Ushbu turdagi eng sodda qurilmada yoqilg'ini yondirish natijasida olingan qaynoq gaz ikkita ichki qismi bo'sh minoradan birin-ketin o'tadi, so'ngra, tomchi va bug'ni tutib qolish uchun filtdan o'tib, atmosferaga chiqarib yuboriladi. Suyultirilgan (kuchsiz) sulfat kislota dastlab ikkinchi (gaz harakati bo'yicha) minoraga beriladi, u yerda dastlabki konsentrlash jarayoni amalga oshadi, so'ngra esa to'la konsentrlash uchun birinchi minoraga o'tadi. Ayrim shunday turdagi qurilmalarda to'ldirgichli minoralar ishlatiladi, bu esa issiqlik almashinish sharoitini yaxshilaydi.

Lekin bayon etilgan minorali qurilmalar unumdorligi kamdir va keyingi yillarda yuqori unumdorlik bilan ishlaydigan tejamkor barbotajli konsentratorlar ishlatish yo'lga qo'yilgan.

Barbotajli konsentrator qurilmasi. Bunday qurilma o'txona (2) va gorizontal silindr (baraban) shaklidagi uchta kameraga vertikal to'siqlar bilan ajratilgan konsentratordan (3) iboratdir (6.2-rasm). Kuchsiz sulfat kislota uchinchi kameraga (gaz harakati bo'yicha) tushadi va ichki kameralar bo'yicha uchinchi dan ikkinchiga va so'ngra birinchiga to'siqlar osha oqib tushadi. O'txonadan keladigan qaynoq gaz birin-ketin quvur va tirsaklar bo'yicha harakatlanadi va konsentratorning har bir kamerasidagi kislota qatlamlari orqali barbotajlanadi. Bunda gaz va kislota yuqin tutashuvi hosil qilinadi, shu sababli ular orasida jadal issiqlik almashinuvi sodir bo'ladi. Kislota kameradan kameraga oqib o'tishda doimo qizib boradi, uning ustidagi bug' bosimi ortadi, suv bug'lanadi va kislota H_2SO_4 konsentratsiyasi ortadi.

Birinchi kamerada kislota harorati $230-250^{\circ}C$ ga, uning konsentratsiyasi esa 93-95% H_2SO_4 ga yetadi. Shuning uchun bu kamerada suv bilan bir paytda sulfat kislota ham bug'lanadi. Issiqlik almashinish jadal borganligi sababli birinchi kameradan chiqadigan gaz H_2SO_4 bug'lari bilan (50 g/m^3 gacha) to'yingan bo'ladi. Ikkinchi kamerada suyultirilgan

sulfat kislota ustidagi to'yingan suv bug'ining bosimi bu kameraga kiradigan gazdagiga nisbatan yuqori bo'ladi. Shuning uchun bu yerda suv bug'lanadi va buning oqibatida kislota birmuncha konsentrlanadi. H_2SO_4 ning to'yingan bug' bosimi kiradigan gaznikiga nisbatan bir necha yuz marta kichik bo'ladi, shu tufayli ikkinchi kamerada sulfat kislota kondensatlanadi. Madomiki shunday ekan, bu kamerada kislota harorati va konsentratsiyasi nisbatan past, bu yerda vujudga keladigan sulfat kislota bug'larining to'yinishi S qariyib 80 ni tashkil etadi, ya'ni kritik to'yinishdan anchagina yuqori bo'ladi ($150^\circ C$ haroratda kritik to'yinishi $S_{kr} = 3,8$ ga teng). Shuning uchun ikkinchi kamerada sulfat kislota bug'larining asosiy qismi bo'shliqda tuman hosil qilib kondensatlanadi. Bu kameradan chiqadigan gazdagi tumanning miqdori (gaz oqimi bilan birga chiqib ketadigan kislota tomchilarini hisobga olmaganda) 40 g/m^3 ni tashkil etadi. Sulfat kislotali tuman va tomchilarini ajratib olish uchun gaz konsentratordan elektrofiltarga (4) yuboriladi. Unda tutib qolingan kislotali kondensat konsentratorga qaytariladi. Birinchi kameradan chiqarib olinadigan konsentrlangan sulfat kislota sovutgich (5) orqali yig'gichga (6) tushadi, u yerdan omborga jo'natiladi.

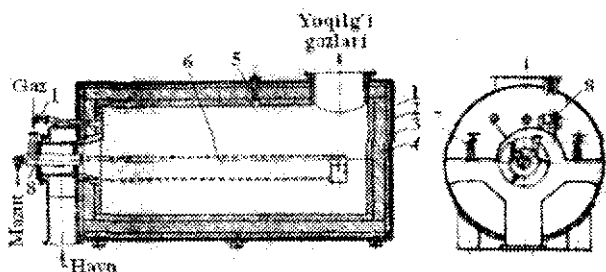


6.2-rasm. Barbotajli konsentrator qurilmasining tasviri:

1 – havo purkagichi; 2 – o'txona; 3 – barbotajli konsentrator; 4 – elektrofilt; 5 – kislota sovutgich; 6 – kislota yig'gichi; 7 – nasos.

Barbotajli konsentrator qurilmasining jihozlari. *Barbotajli konsentrator o'txonasi* po'lat baraban ko'rinishida bo'lib (tashqi diametri 3 m, uzunligi 6 m), asbest bilan o'ralgan va ichki qismi qizil g'isht qatlami bilan hamda ikki qavat o'tga chidamli g'isht qatlamlari bilan himoyalangan (umumiy himoya qatlami 440 mm ga teng) bo'ladi (6.3-rasm). Havo vetilyator orqali po'lat qutiga beriladi, undan o'txonaning oldingi devoridagi markaziy tirqish orqali u yoqish bo'shlig'iga o'tadi va ikki yondagi kanallar 6 orqali yoqish bo'shlig'ining orqa qismiga keladi.

O'txonada havoning taqsimlanishi shunday boshqariladiki, bunda birinchi kameraga kiradigan o'txona gazlarining harorati $800-900^{\circ}\text{C}$ chegarasida bo'ladi.

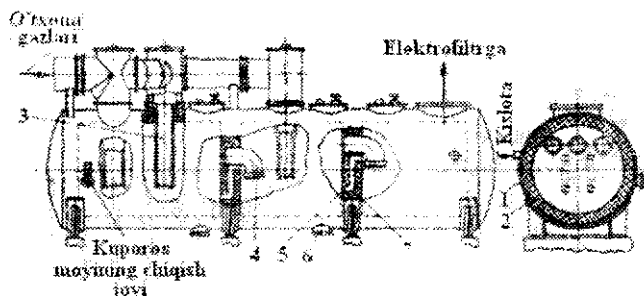


6.3-rasm. Barbotajli konsentrator o'txonasi:

1 – po'lat g'ilof; 2 – asbest; 3 – qizil g'isht qatlami; 4 – o'tga chidamli g'isht qatlami; 5 – termopara uchun g'ilof; 6 – ikkilamchi havo uchun kanal; 7 – jo'mrak; 8 – forsunka.

Gaz yoki suyuq yonilg'i forsunkaning (8) o'txona bo'shlig'iga beriladi, u yerga shuningdek po'lat quti orqali havo kiradi. O'txonadagi harorat $1100-1200^{\circ}\text{C}$ ni tashkil etadi, ammo kondensatorning birinchi kamerasiga kiradigan gaz harorati $800-900^{\circ}\text{C}$ da bo'lishi kerak. Shuning uchun o'txona oxiridagi chiqishda gazning harorati kanal (6) orqali harakatlanadigan havo bilan pasaytiriladi. Gaz o'txonadan cho'yan gaz o'tkazgich orqali kondensatorga yuboriladi. Mazut, tabiiy yoki neft gazi yondirilganda o'txonaning issiqlik kuchlanishi ortiqcha havo koeffitsienti 1,15 bo'lganda 1 m^3 o'txona gaziga $800-1000\text{ mj/soat}$ ($200-250\text{ mln kal/soat}$) ni tashkil etadi. Yoqilg'ini yondirish shunday boshqariladiki, bunda o'txona gazlari tarkibida to'la yonmagan mahsulotlar bo'lmisligi kerak, chunki ular sulfat kislota bilan to'qnashib, H_2SO_4 ni SO_2 ga qaytarishi, shuningdek tayyor mahsulot tashqi ko'rinishini yomonlashtirib uning sifatini buzishi mumkin.

Barbotajli konsentrator. Barbotajli konsentrator qalinligi 12 mm po'lat listdan gorizontal silindr shaklida payvandlangan ko'rinishda bo'ladi (5.4-rasm). Silindrnin tashqi diametri 3 m, uzunligi 10,5 m ga tengdir. U ichki tomondan kislotabardosh materiallar bilan himoyalangan (himoya qalinligi 290 mm) bo'ladi. Himoya qatlami quyidagicha tayyorlanadi: metall yuzasi dastlab diabazit zamaska qatlami, so'ngra ikki qatlam diabazit plitka bilan berkitiladi, shundan so'ng sirt yuzaga asbest qatlami beriladi va kislotabardosh g'isht bilan himoyalanaadi.



6.4-rasm. Barbotajli konsentrator:

1 – po‘lat korpus; 2 – himoya qavati; 3 – barbotaj quvuri; 4 – barbotaj tirsak; 5 – kislota uchun kanal; 6 – tozalash uchun lyuk; 7 – to‘siq.

Konsentrator g‘ishtli to‘siqlar bilan uchta kameralarga bo‘lingan: birinchi kamera uzunligi 3,65 m, ikkinchisi – 2,65 m, uchinchisi esa – 2,7 m ni tashkil qiladi. Har bir to‘siqda ikkitadan kanal bo‘lib, ular orqali kameradan kameraga kislota o‘tadi. Konsentratorning yuqori qismida gazlarning kirishi va chiqishi uchun shtutser va jihozni tozalash uchun lyuk joylashgan.

Birinchi kameraga uchta, ikkinchisiga esa bitta barbotaj quvurlari (3) o‘rnatilgan. Birinchi kameradagi barbotaj quvurlari xromli po‘latdan tayyorlangan va pastki qismiga gazni kislotada yaxshi taqsimlanishi uchun tishchalar joylashtirilgan. Ikkinchi kameradagi barbotaj quvuri ikki qismdan iborat: yuqorigi qismi xromli cho‘yandan va pastki qismi ferrosilisiddan tayyorlangan. Gazning bir kameradan boshqasiga o‘tishi uchun to‘siqlarda uchtdan ferrosilisidli barbotaj tirsaklar (4) bo‘ladi.

O‘txonadan chiqadigan qaynoq gaz birinchi kameraga (taxminan 60%) va ikkinchi kameraga bir vaqtda keladi. Kameralar bo‘yicha gazning taqsimlanishi konsentratorning ikkinchi kamerasidagi barbotaj quvuriga birlashtirilgan har xil diametrdagi halqalar yordamida amalga oshiriladi.

Elektrofiltr. Barbotaj konsentratoridan chiqadigan gazdagi tomchi va tumanni tutib qolish uchun ishlatiladigan KT turidagi elektrofiltr kvadrat yoki aylana kesimli kamera ko‘rinishida bo‘lib, ichki qismi kislota bardosh materiallar bilan himoyalangan bo‘ladi. Cho‘ktiruvchi elektrodlar – ichki diametri 0,25 m va uzunligi 4 m bo‘lgan ferrosilisiddan tayyorlangan quvurlar hisoblanadi. Tojsimon elektrodlar mahsus halqachalar birlashtirilgan alohida ferrosilisidli a‘zoldan iborat zanjir shaklida tayyorlanadi.

Elektrofiltr kesimi bo'yicha gazning bir tekisda taqsimlanishi uchun uning pastki qismida tirqishli alohida ferrosilisidli bo'linmadan iborat taqsimlash plitasi bo'ladi.

Barbotajli konsentrator ish rejimi. Konsentratorga keladigan o'txona gazining harorati ortishi bilan gazdan kislotaga issiqlikning uzatilish jadalligi ortadi, natijada konsentrator unumdorligi ortadi. Lekin, gaz haroratining haddan tashqari yuqori bo'lishi birinchi kameradagi barbotaj quvurida gazning tez ajralishiga olib keladi, buning oqibatida kislotaning termik parchalanishi natijasida uning yo'qotilishini oshiradi. Shuning uchun o'txona gazlarining harorati konsentratorga kirishda 800-900°C chegarasida ushlab turiladi.

Konsentratorga kiradigan gaz tarkibida yoqilg'ining chala yonish mahsulotlari bo'linasligi kerak, aks holda sulfat kislotaning yo'qotilishi bunda ham ortadi. Bundan tashqari, yoqilg'ining chala yonishi oqibatida undan samarali foydalanib bo'lmaydi va shunday qilib, tayyor mahsulot tannarxi ortadi.

Bundan ko'rinadiki, o'txonaga beriladigan havo va yoqilg'i miqdorlarining nisbati yoqilg'ini to'la yonishini va o'txona gazlari yetarlicha yuqori haroratga erishishini ta'minlashi kerak.

Uch kamerali barbotajli konsentratorning taxminiy rejimi:

Kamera	1-chi	2-chi	3-chi
Gazning harorati, °C:			
kirishda	820	255	185
chiqishda	255	185	153
H ₂ SO ₄ konsentratsiyasi, %:			
kirishda	80	76	68
chiqishda	94	80	76
Kamerada kislotaning harorati, °C	250	163	140
O'txonadan oldin havo bosimi, mm.sim.ust	1000	—	—

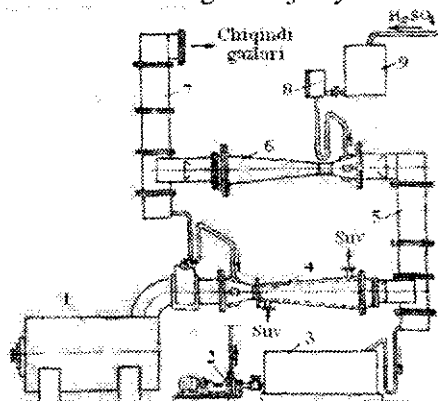
O'txona gazlari berish bilan uch kamerali konsentratoridagi faqat birinchi kamerada sulfat kislotaga bug'lari elektrofiltrdan oldin 35-40 g/m³ ni tashkil etadi, ikkinchi kamerada ham qaynoq gaz berilganda esa u 11 g/m³ gacha kamayadi.

Venturi quvurli qurilma. Mayjud konsentratsiyalash qurilmalarining ko'pchiligida bir necha (10 va undan ortiq) barbotajli konsentratorlar o'rnatilgan, chunki bitta jihozning unumdorligi nisbatan yuqori emas, bunday jihozlarning unumdorligini oshirish ancha mushkuldir — ular anchagina katta va murakkab hisoblanadi. Shu

munosabat bilan quvurdagi qaynoq gaz oqimida kislolaning changlanishi bilan ishlaydigan konsentratorlarga katta qiziqish ortadi.

Gazning yuqori tezligida va katta sirt yuzada sulfat kislolaning mayda tomchilari hosil bo'lganligi sababli konsentrlash jarayoni juda jadal suratda sodir bo'ladi.

6.5-rasmda Venturi quvurlari shakliga ega bo'lgan ikki changlatuvchi jihozdan iborat qurilma tasviri keltirilgan. Venturi quvurlarida xuddi ikki kamerali konsentrator kameralaridagi kabi jarayonlar sodir bo'ladi.



6.5-rasm. Venturi quvurlarida sulfat kislotani konsentrlash jarayonining tasviri:

1 – o'txona; 2 – nasos; 3 – kislota sovutgichi; 4 – Venturi quvuri (konsentrator); 5, 7 – siklon-separatorlar; 6 – Venturi quvuri (tuman tulgich); 8 – me'yorlashtirgich (dozator); 9 – ta'minlash idishi.

Konsentrlash jarayoni quyidagilardan iborat: konsentrlanadigan sulfat kislota ikkinchi (gaz harakati yo'nalishi bo'yicha) Venturi quvuri (6) ga beriladi, u yerda changlanadi va mayda tomchilar tarzida gaz oqimi bilan siklonda (7) ushlab qolinadi, u yerda tomchilar cho'ktiladi; gaz oqimining tezligi ortishi bilan hosil bo'ladigan tomchi o'lchami kamayadi; gaz tezligi 100 m/sek bo'lganda suyuqlik qariyb 10 mk o'lchamli tomchilarga bo'linadi; quvurning kengaygan qismida gaz oqimining tezligi kamayadi, tomchilar bir-biriga urishib, ularning o'lchami 10-20 mk gacha yiriklashadi; bunday o'lchamdagi tomchilar siklonda ushlab qolinishi uchun yetarlidir; siklonda yig'iladigan sulfat kislota birinchi Venturi quvuriga (4) tushadi, u yerda barcha kislota changlanadi va gaz oqimi bilan siklonda (5) ushlab qolinadi, u yerda ajratilgan konsentrlangan sulfat kislota sovutgichga (3) o'tadi.

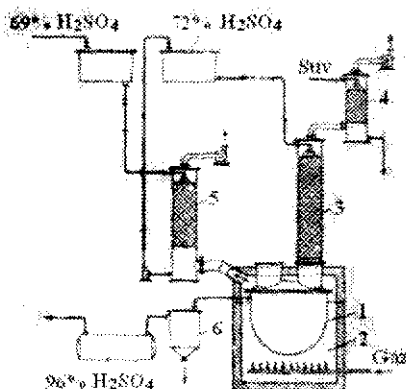
Kislota tomchilari hosil qiladigan va uni bug'latadigan qaynoq o'txona gazi o'txonadan (1) 950-1000°C haroratda birinchi Venturi quvuriga (4) keladi. Bu yerda gaz 220-230°C haroratgacha, ikkinchi quvurda (6) esa — 150°C gacha soviydi. Venturi quvurlarida harakatlanadigan gaz tezligi qariyb 150 m/sek ni, qurilmaning gidravlik tezligi esa 1700-1750 mm suv ust. ni tashkil qiladi. Gazdagi sulfat kislota tumanining miqdori ikkinchi siklondan (7) keyin (chiqishda) 4-5 g/m³ ni tashkil etadi, bu uch kamerali kondensatordagiga nisbatan taxminan ikki marta kamdir.

Keltirilgan konsentrlash qurilmasining muhim yutug'i shundaki, jarayon yuqori jadallikda borganligi sababli barbotajli konsentratorga nisbatan konsentrlanadigan kislota qaynatilgan harorati past, kislota qaynoq gaz bilan to'qnashish vaqti kam bo'ladi. Bu esa sulfat kislota parchalanish darajasini pasaytiradi, hosil bo'ladigan tuman miqdorini, shuningdek yoqilg'i va suv sarfini kamaytiradi.

Deflegmatsiya prinsipi bo'yicha ishlaydigan qurilma. Bunday qurilmalarda kislota konsentrlash yopiq qozonda (retortada) H₂SO₄ eritmalarini qaynatish, hosil bo'ladigan bug'ni bir necha tarelkalardan iborat deflegmatorli kolonnalar orqali ajratib olish yo'li bilan amalga oshiriladi.

Deflegmatsiya prinsipi bo'yicha ishlaydigan qurilma tasviri 6.6-rasmda keltirilgan. Konsentrlangan (98% H₂SO₄) sulfat kislota o'txona gazlari bilan qizdiriladigan kislota chidamli cho'yandan yasalgan retortaga (1) quyiladi. Sulfat kislota bug'lari 9-10 ta tarelkalardan iborat yoki to'ldirgichli minora ko'rinishidagi kislota taqsimlanadigan deflegmatorga (3) ko'tariladi. Har bir tarelkada pastda joylashgan tarelkalardan chiqadigan H₂SO₄ bug'larining bir qismi kondensatlanadi. Oxirgi (yuqoridagi) tarelkadan faqat amalda suv bug'i chiqadi, bu tarelkaga esa 67-70% li kislota beriladi. Suv bug'i kondensatorga (4) keladi. U yerda bug' sovuq suv bilan aralashib kondensatlanadi va suyuqlik kanalizatsiyaga oqiziladi.

Kondensatorda ozgina vakuum hosil bo'ladi, bu esa tizimning vakuum ostida ishlashini ta'minlaydi va kislota birmuncha past haroratda qaynaydi, shuning uchun uning parchalanishi bartaraf etiladi. Konsentrlangan kislota qozondan to'xtovsiz ravishda sovutgich 6 ga tomib turadi, deflegmatorga (3) ta'minlash idishidan suyultirilgan kislota kelib turadi. Retortadagi (qozon) (1) aralashtirgichning aylanib turishi uning devorlarida cho'kma hosil bo'lishini oldini oladi, shu sababli bunday konsentratlarda ifloslangan kislotalarni ham konsentrlash mumkindir.



6.6-rasm. Deflegmatsiya turidagi konsentrlash qurilmasi:

1 – retorta; 2 – o'txona; 3 – deflegmator; 4 – kondensator; 5 – o'txona gazlari issiqligidan foydalanish minorasi; 6 – kislota sovutgichi.

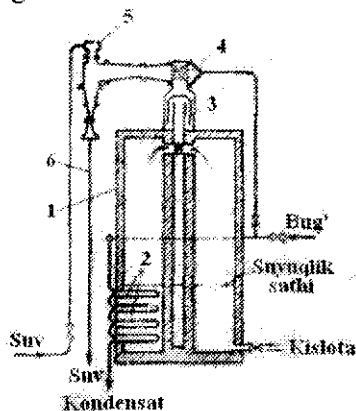
Deflegmatorli qurilmalarda kislota qaynoq gaz bilan to'g'ridan-to'g'ri to'qnashuviga nisbatan yuqori konsentratsiyali (98% H_2SO_4 gacha) kislota olinadi. Kislota yo'qotilishi (barcha mahsulot kislotasining 1-2% qismi) kamdir, ammo kislota qaynoq gaz bilan to'g'ridan-to'g'ri to'qnashuviga qurilmalarga nisbatan yoqilg'i sarfi ko'pdir. Kam unumdorlikka (10-20 t/sutka) ega bo'lganligi sababli keltirilgan qurilma kam ishlatiladi. Issiqlikdan foydalanishni yaxshilash uchun chiqindi gazlari retortadan to'ldirgichli minora 5 ga yuboriladi. Bu minora konsentrlash uchun yuboriladigan sulfat kislota taqsimlanadi.

Vakuumda konsentrlash. Kislota (barcha suyuqliklar singari) vakuumda atmosfera haroratidan anchagina past haroratda qaynaydi. Past haroratda energiya kam sarflanadi, jihozlar korroziyalanishi kamayadi, shuningdek H_2SO_4 yo'qotilishi ham kamayadi.

Vakuumda, ayniqsa, tarkibida organik qo'shimchalar bo'lgan (masalan, kislotali gudrondan ajratilgan) kislotalarni konsentrlash maqsadga muvofiqdir, chunki vakuumda va past haroratda sulfat kislota qaytarilishi anchagina kamayadi.

Davriy ishlaydigan vakuum-bug'latgichli qurilma tasviri 6.7-rasmda ko'rsatilgan. Unda suyultirilgan sulfat kislota korpusga (1) keladi, u yerda kremniyli po'latdan yasalgan quvurlar (2) bo'yicha o'tadigan bug' bilan qizdiriladi. Kislota ajralib chiqadigan bug'lar tomchi ushlagich (3) orqali sovutgich (5) (aralashtirish kondensatori) ga so'riladi, u yerda suv bilan aralashadi, soviydi va kondensatlanadi. Suv bug'i qanchalik to'la

kondensatlansa va kondensatorga keladigan suvning harorati qanchalik past bo'lsa, jihozdagi vakuum ham shunchalik katta bo'ladi. Yanada chuqurroq vakuum hosil qilish uchun bug' tomchi ushlagichdan (3) suv oqim-kanalli ejektor (4) bilan so'rib olinadi. Kondensator barometrik quvur (6) bilan bog'langan bo'ladi.



6.7-rasm. Vakuum-konsentrator tasviri:

1 – korpus; 2 – bug' quvuri; 3 – tomchi ajratgich; 4 – ejektor; 5 – kondensator; 6 – barometrik quvur.

Davriy ishlaydigan vakuum-bug'latgichli qurilmaning har bir bosqichida 68% li sulfat kislota ni bug'latib 50 t 93% li sulfat kislota olinadi. 50 t sulfat kislota ni bug'latish bitta bosqichining vaqti 12 soatni tashkil etadi.

Qizdirilgan bug' yordamida konsentrlash. Konsentratorga qaynoq o'txona gazi o'niga 700°C haroratgacha qizdirilgan bug' ham berish mumkin. Kislota dan suvning bug'lanishi natijasida konsentrlash jarayonida bug' miqdori ortadi. Konsentrator dan chiqadigan bug' qayta qizdiriladi va yana konsentrator ga yuboriladi. Bug'lanadigan suv miqdoriga muvofiq keladigan miqdordagi ortiqcha bug' konsentrator qurilmasidan chiqarib olinadi.

Minorali tizimlarda konsentrlangan sulfat kislota olish. Minorali tizimlarda nisbatan yuqori bo'lmagan konsentratsiyali (75% H_2SO_4) kislota olinadi. Shuning uchun bu tizimlarda anchagina qimmatbaho hisoblangan mahsulot – yuqori konsentratsiyali sulfat kislota olish imkoniyati katta amaliy ahamiyatga egadir. Minorali sulfat kislota ni bug'latish uchun minorali tizimga keladigan kuyundi gazi issiqligidan foydalanishda bunday imkoniyat paydo bo'ladi.

Konsentrlangan minorali sulfat kislota ishlab chiqarish yana shuning uchun ham muhimki, bunday kislotani kontaktli tizimga kiritish oleum ishlab chiqarishni 2 marta oshirishi mumkin. Minorali tizimlarda konsentrlangan kislota olish uchun birinchi denitratsiya minorasi uchun taqsimlashga beriladigan kislota miqdorini shunchalik kamaytiriladiki, natijada minoradagi kislota harorati 200°C gacha ko'tariladi. Bunda denitratorning pastki qismida sulfat kislotaning jadallik bilan bug'lanishi sodir bo'ladi va uning konsentratsiyasi ortadi.

Tabiiyki, konsentrlangan kislota ishlab chiqarishda minorali tizim ish sharoiti qiyinlashadi, chunki birgina minoraning o'zida ham kislotaning denitratsiyasi, ham uning konsentrlanishi amalga oshiriladi. Xuddi shu vaqtda sulfat kislota konsentratsiyasi ortishi bilan uning denitratsiyalanish jarayoni tezligi keskin kamayadi, buning natijasida mahsulot minorasining ish hajmi ortadi. Bundan tashqari, birinchi minoraga taqsimlanadigan kislota miqdori kamaytirilganda va bu kislotaning harorati oshirilganda birinchi minorada issiqlik almashinish jarayoni yomonlashadi. Shuning uchun minorali tizimlarda konsentrlangan kislota ishlab chiqarish uchun muhim sharoit birinchi minorada to'ldirgichlarning katta sirt yuzalarini hosil qilish (1 t/soat mahsulot sulfat kislotasiga 1500 m^2), bu to'ldirgichlarning yetarlicha kislotalardoshligi va termik chidamliligini ta'minlash hisoblanadi.

Minorali tizimlarda konsentrlangan kislota ishlab chiqarishda denitratsiya minorasi suyuqlikni taqsimlash zichligining yetarlicha yuqori bo'lishi eng muhim hisoblanadi, chunki bu minoraga taqsimlanadigan kislota miqdori odatdagi sxema bo'yicha tizim ishlagandagiga nisbatan anchagina kam bo'ladi. Suyuqlikni kichik taqsimlash zichligi to'ldirgichlarni tez ifloslanishiga, uning gidravlik qarshiligidan ortishiga, gazning kislota bilan to'qnashishining yomonlashishiga va kislotadagi azot oksidlari miqdorining ortishiga olib keladi. Suyuqlikni taqsimlash zichligi minora diametrini kamaytirish yo'li bilan oshiriladi.

Kuyundi gazining harorati qanchalik yuqori bo'lsa va undagi SO_2 miqdori kam bo'lsa, minorali kislota konsentratsiyasi shunchalik katta bo'ladi. Sulfat angidrid konsentratsiyasi kamayishi bilan mahsulot birlik ulushiga to'g'ri keladigan gaz hajmi ortadi, buning natijasida kuyundi gazi bilan kiradigan issiqlikning umumiy miqdori ortadi.

Konsentrlangan kislota ishlab chiqarishda kuyundi gazi birinchi minorada nisbatan sekin soviydi, chunki minoraning pastki qismidagi taqsimlanadigan kislota yuqori haroratga (200°C gacha) ega bo'ladi. Bunday sharoitda sulfat kislota bug'lari bilan past darajada to'yinish

yuzaga keltiriladi va oz miqdordagi tuman hosil bo'ladi. Shuning uchun konsentrlangan sulfat kislota ishlab chiqariladigan minorali tizimlarda chiqindi gazlarida juda oz tuman bo'ladi va tizim oxiridagi elektrofiltir qurilmasining keragi bo'lmaydi.

Nazorat uchun savollar

1. Nima uchun sulfat kislota konsentrlanadi?
2. Konsentrlangan sulfat kislota qanday maqsadlarda ishlatiladi?
3. Chiqindi kislotalarni tozalashning imkoniyati bo'lmasa, uni qanday maqsadda ishlatish mumkin?
4. Sulfat kislotasini konsentrlash jihozlarining qanday guruhlarini bilasiz?
5. Sulfat kislota eritmasi bug'latilganda gaz va suyuq fazalar tarkibi qanday bo'ladi?
6. Yuqori konsentrlangan sulfat kislota va oleum qizdirilganda gaz va suyuq faza tarkibi qanday bo'ladi?
7. Sulfat kislota eritmasini konsentrlashda sarflanadigan issiqlik qanday ko'rinishda bo'lishi mumkin?
8. Sulfat kislota eritmasini konsentrlashning umumiy issiqligi qanday hisoblanadi?
9. Qaynoq gazni kislota bilan to'g'ridan-to'g'ri to'qnashishi orqali konsentrlash qanday amalga oshiriladi?
10. Barbotajli konsentrator qurilmasida kislota konsentrlash jarayonini tushuntiring.
11. Barbotajli konsentrator qurilmasining qanday jihozlarini bilasiz? Ularning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
12. Barbotajli konsentrator ish rejimi qanday bo'ladi?
13. Venturi quvurli qurilmaning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
14. Deflegmatsiya prinsipi bo'yicha ishlaydigan qurilmaning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
15. Vakuumda kislota konsentrlash qanday amalga oshiriladi?
16. Qizdirilgan bug' yordamida konsentrlash qanday amalga oshiriladi?
17. Qanday qilib minorali tizimlarda konsentrlangan sulfat kislota olinadi?

VII-bob

SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISHDAGI JARAYONLAR NAZORATI, AVTOMATIK BOSHQARISH TIZIMI VA HAYOTIY FAOLIYAT XAVFSIZLIGI

1-§. Ishlab chiqarish nazorati

Ishlab chiqarish nazoratining vazifasi o'rnatilgan rejim buzilishini o'z vaqtida aniqlash, ularni tezda to'g'rilash va jarayonning boshqa bosqichidagi me'yorlar buzilishini oldini olishdan iboratdir.

Nazorat usullarini shartli ravishda: davriy (qo'lda amalga oshiriladigan) va avtomatik nazorat turlariga bo'lish mumkin. Nazoratning davriy usuli kimyoviy tahlil yo'llari orqali amalga oshiriladi. Dastlab xomashyo, yarim mahsulotlar, mahsulotlardan namunalar olinadi, so'ngra namunalarni kimyoviy qayta ishlanadi, tegishli hisoblashlar bajariladi va hokazo. Shuning uchun ko'pchilik holatlarda kimyoviy tahlil natijalari namuna olingan vaqtdan bir necha soat keyin tayyor bo'ladi. Bu paytda barcha uzluksiz jarayonlarda o'rnatilgan maqbul (optimal) rejimga nisbatan texnologik rejim parametrlarining o'zgarishini o'z vaqtida aniqlash sulfat kislota olishda ham va uni konsentrlashda ham muhim ahamiyatga ega bo'ladi.

Nazoratning avtomatik usullarida o'lchashlar to'xtovsiz amalga oshiriladi. Avtomatik nazorat uskunalari nafaqat ko'rsatadi, balki ko'rsatkichni qayd etib boradi, shuningdek o'lchanadigan parametrlarning belgilangan qiymatidan og'ishi (chetlanishi) haqida signal uchun belgilangan impuls beradi. Bunda ko'rsatkich qayd etilishi uni o'lchanadigan joydan bir qadar uzoq masofada – distansiyali ham amalga oshirilishi mumkin. Bu esa nazorat maskanidan turib jarayonni boshqarish imkonini beradi. Lekin ko'pgina ko'rsatkichlar bo'yicha o'lchashning ishonchli avtomatik usullari bo'lmaganligi uchun sulfat kislota ishlab chiqarishda davriy, xususan, kimyoviy nazorat usullari hali ham ko'p ishlatilmoqda.

Haroratni o'lchash. Sulfat kislota ishlab chiqarishda gaz va kislotaning harorati simobli termometrlar, qarshilik termometrlari va termoparalar yordamida o'lchanadi. 500°C gacha bo'lgan haroratni o'lchash uchun *simobli termometrlardan* keng miqyosda foydalaniladi. Sanoat sharoitida haroratni o'lchash uchun *qarshilik termometrlaridan* foydalanish eng qulay hisoblanadi. Ularning ishlash prinsipi metallar harorati o'zgarishi bilan ular elektr o'tkazuvchanligining o'zgarishiga asoslangandir. Qarshilik termometrining asosiy qismi ingichka (misdan, platinadan, mahsus qotishmadan tayyorlangan) sim hisoblanadi, ularning bir uchi qarshilikni o'lchash uchun uskuna (logomer yoki qarshilik mosti) bilan ulangan bo'ladi; uskunaning o'lchash darajasi yuz gradusli darajaga tegishli bo'limlarga ajratilgan bo'ladi. Simobli termometrga nisbatan qarshilik termometrining afzalligi shundaki, uzun sim orqali logomer yoki mostni uzoq masofaga, masalan nazorat punktiga joylashtirgan holda o'lchashni amalga oshirish mumkin.

Nisbatan yuqori haroratlar ($300-800^{\circ}\text{C}$) ni o'lchashda turli xil metall va qotishmalardan tayyorlangan ikkita payvandlangan simlardan iborat *termoparalar* ishlatiladi. Harorat oshganda simlarning payvandlangan joyida («qaynoq» payvand) galvanometr bilan o'lchanadigan elektr toki vujudga keladi, galvanometr klemmalariga termoparaning bo'sh uchi biriktirilgan («sovuq» payvand) bo'ladi. Termopara po'latli, sopol yoki kvarsli himoya gilzasiga joylashtiriladi.

Qarshilik termometrlari va termoparalar katta aniqlikda haroratni o'lchaydi; buning uchun bir necha ko'rsatkichlarni va signallarni avtomatik qayd etadigan va ko'rsatadigan turli xildagi logomerlar, galvanometrlar va potensiometrar ishlatiladi.

Bosim va vakuumni o'lchash. Bosim va vakuum U-simon manometrlar va mikromanometrlar yordamida o'lchanadi. U-simon manometr suv, simob yoki boshqa shunga o'xshash suyuqliklar to'ldirilgan shishadan tayyorlangan quvurcha ko'rinishida bo'ladi; quvurchaning bir uchi gaz o'tkazgichga joylanadi, ikkinchi uchi esa ochiq holatda qoladi. Ortiqcha bosim yoki vakuum bo'lmaganda quvurchaning ikkala ustunidagi suyuqlik sathi bir xil darajada turadi. Agar gaz o'tkazgichdagi gazlar aralashmasi bosim ostida bo'lsa, quvurchaning ochiq ustunidagi suyuqlik sathi ko'tariladi. Suv sathlari farqidan bosim yoki vakuum o'lchanadi (mm sim. ust. yoki mm suv ust.). Manometrning mm sim. ust. birligidagi ko'rsatkichini simobning zichligi ($13,6 \text{ g/sm}^3$) ga ko'paytirish orqali mm suv ust. birligiga aylantirish mumkin va aksincha.

Unchalik katta bo'lmagan bosim va vakuumni o'lchash uchun odatda mikromanometrlar ishlatiladi. Mikromanometr bilan bosim va vakuumni 0,1 mm. suv ust. aniqligigacha aniqlash mumkin.

Sarflanadigan materiallarni o'lchash. Jihozlardan o'tadigan gaz va suyuqliklar hajmi odatda diafragmalar – o'rtasida tirqish bo'lgan metall disk yordamida aniqlanadi. Diafragma quvurli o'tkazgichning ikkita flaneslari orasiga mahkamlanadi. Diafragma tirqishi quvurli o'tkazgich diametridan kichik bo'ladi. Quvurli o'tkazgichdagi gaz (suyuqlik) ning tezligi qanchalik yuqori bo'lsa, gaz (suyuqlik) ning diafragmadan o'tishida yuzaga keladigan qarshilik ham shunchalik katta bo'ladi. Agar quvurli o'tkazgichga manometrning bir ustunini diafragmadan oldin va ikkinchi ustunini diafragmadan keyin biriktirilsa, bunda manometr bosim farqini ko'rsatadi, u orqali oqim tezligi, so'ngra gaz yoki suyuqlikning vaqt birligi ichidagi sarfi aniqlanadi.

Kolchedan va kuyundi tahlili. Xomashyo va kuyundidagi oltingugurt miqdori. kolchedanda esa namlik ham aniqlanadi. Oltingugurt ni aniqlash uchun tortib olingan kochedan namunasi kuchli oksidlovchi – zar suvida eritiladi. Buning natijasida hosil bo'ladigan sulfat kislota keyinchalik bariy xlorid bilan cho'ktiriladi. Cho'kma filtrlanadi, yuvindi suvida Cl⁻ ionlari qolmaguncha suv bilan yuviladi, quritiladi va o'zgarmas massagacha kuydiriladi, tortiladi va namunadagi, so'ngra esa kolchedandagi oltingugurt miqdori hisoblanadi.

Oltingugurt ni aniqlashning *tezkor usulida* – kolchedan namunasi maxsus pechda kuydiriladi, hosil bo'ladigan sulfat anhidrid yuttirgich idishga keladi, u yerda vodorod peroksid bilan H₂SO₄ gacha oksidlanadi.

Sulfat kislota to'g'ridan-to'g'ri yuttirgich idishning o'zida ishqor bilan titrlanadi.

Kuyundi tarkibidagi yonmagan oltingugurt miqdorini aniqlash ham xuddi kolchedandagi oltingugurt ni aniqlashdagi kabi amalga oshiriladi. Namlik odatdagi usullar bilan aniqlanadi – namunaning massasi quritishdan oldin va keyin tortiladi.

Kislota tahlili. Kislota ning konsentratsiyasi ba'zan areometrlar yordamida uning zichligini o'lchash orqali aniqlanadi. Jadvallardan foydalanib kislota zichligi orqali uning konsentratsiyasi aniqlanadi. Harorat ko'tarilishi bilan sulfat kislota zichligi kamayadi. Shuning uchun areometr bilan zichlik aniqlanganda kislota ning harorati ham o'lchanadi va tegishli jadvallardagi ma'lumotlar asosida zichlikka to'g'rilash kiritiladi.

Areometr ko'rsatkichlari orqali kislota konsentratsiyasini yaqinlashtirilgan aniqlikda topiladi. Kislota konsentratsiyasini yuqori

aniqlikda aniqlash uchun tahlilning kimyoviy usullari (titrlash) dan foydalaniladi. Sulfat kislota namunasi suvda eritiladi va ishqor eritmasi bilan titrlash orqali neytrallanadi. Sarflanadigan ishqor eritmasi miqdori bo'yicha sulfat kislota konsentratsiyasi hisoblab topiladi.

Quritish minoralari kislotasi, monogidrat va oleumning konsentratsiyasini nazorat qilish uchun, shuningdek, KSO-3 turidagi avtomatik konsentratomerlar ishlatiladi. Uning ishlashi sulfat kislotaning elektr o'tkazuvchanligini o'lchashga asoslangan. KSO-3 turidagi konsentratomerlarning o'lchash aniqligi $\pm 0,2\%$ dan $\pm 0,5\%$ gachani tashkil etadi.

Kislotaldagi N_2O_3 miqdori (nitrozalilik) - kaliy permanganat eritmasi bilan azot oksidlarini HNO_3 gacha oksidlash orqali titrlash yo'li bilan aniqlanadi. Titrlashga sarf bo'ladigan $KMnO_4$ eritmasining miqdori bo'yicha nitrozadagi azot oksidlari miqdori hisoblanadi.

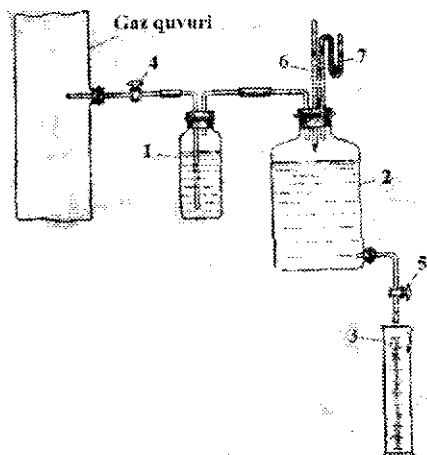
Gazlar tahlili. Gazdagi chang miqdori (changlilik) tahlil qilinadigan gazning o'lgangan miqdorini oldindan tortilgan, tagi teshikli shisha paxta to'ldirilgan stakanchadan o'tkazish orqali aniqlanadi. Stakancha qopqog'ida teshik bo'lgan po'lat patronga joylashtiriladi. Bunday patron gaz o'tkazgichga joylanadi va stakan og'irliklari orasidagi farqdan gazning changlilikgi hisoblanadi.

Hozirgi paytda gazdagi chang konsentratsiyasini avtomatik aniqlash uchun fotokolorimetrlar ishlab chiqarilgan. O'lchash fotoelement yordamida amalga oshiriladi, uning ishlash prinsipi gazning changlanganligiga bog'liq holda uning tiniqligi (shaffofligi) ning o'zgarishiga asoslangan. Fotoelement zanjiridagi tok gazdagi chang miqdoriga bog'liq holda o'zgaradi, chunki gaz orqali o'tgan nur gazdagi muallaq chang zarrachalariga yutiladi va unda yoyiladi.

Gazdagi SO_2 yodometrik usul bilan – sulfid angidridni oksidlash uchun sarflanadigan yod miqdori bo'yicha aniqlanadi.

Kislotali suv va kraxmalli yuttirish sklyankasiga o'lgangan miqdordagi yodning titrlangan eritmasi quyiladi (yod ishtirokida kraxmal ko'karadi) va undan tahlil qilinadigan gaz eritma rangsizlanguncha o'tkaziladi. Olingan yod miqdori va o'tkazilgan gaz hajmi bo'yicha sulfid angidrid konsentratsiyasi hisoblanadi (7.1-rasm).

Gazdagi sulfid angidrid konsentratsiyasini avtomatik aniqlash uchun ishlatiladigan qurilmaning ishlash prinsipi uning issiqlik o'tkazuvchanligini aniqlashga asoslangan. SO_2 konsentratsiyasi o'zgarishi bilan sulfidli gaz issiqlik o'tkazuvchanligi ham o'zgaradi va shunga muvofiq ravishda gazoanalizator platina simining ham qarshiligi o'zgaradi.



7.1-rasm. Gazdagi sulfit anhidrid konsentratsiyasini aniqlash uchun qurilma tasviri:

1 – yod eritmasi boʻlgan yuttirish sklyankasi; 2 – aspirator; 3 – oʻlchov silindri; 4,5 – joʻmraklar; 6 – termometr; 7 – manometr.

Avtomatik kimyoviy gazoanalizatorlar ham mavjud boʻlib, ularda gaz namunasi SO_2 ni yutadigan moddalar bilan qayta ishlanadi. Gaz hajmining kamayishidan sulfit anhidrid konsentratsiyasi aniqlanadi.

Gazdagi SO_2 va azot oksidlari miqdori, ular birgalikda boʻlganda, aniqlash uchun vodorod peroksid bilan H_2SO_4 va HNO_3 gacha oksidlanadi, bu kislotalarning umumiy miqdori ishqor bilan titrlash orqali aniqlanadi, shundan keyin sulfat kislota miqdori xromatometrik usul bilan, nitrat kislota miqdori esa bu aniqlashlar farqi orqali topiladi.

Gazdagi sulfat kislota bugʻlari (tumani) miqdori aniqlanadigan gaz hajmini gigroskopik paxta toʻldirilgan quvur orqali oʻtkazilganda oʻzgarishi orqali aniqlanadi. Paxta quvurdan chiqarib olinadi, suvga solinadi va titrlash yoʻli bilan H_2SO_4 miqdori aniqlanadi. Nam elektrofiltrlardan keyin gazdagi sulfat kislotali bugʻ miqdorini avtomatik oʻlchash uchun ATF-2 turidagi tumanomerlar qoʻllaniladi, ularning oʻlchash chegarasi $0-200 \text{ mg/m}^3$ H_2SO_4 bugʻlari (tumani) ga tengdir. Tumanomerning ishlash prinsipi gazni changlilik oʻlchangandagi kabi gazning shaffofligini oʻlchashga asoslangandir.

Gazdagi mishyak miqdorini, gazning namligini, chiqindi gazlari tarkibini va boshqalarni aniqlash usullari bilan amaliy va laboratoriya mashgʻulotlarida batafsil tanishtiriladi.

2-§. Sulfat kislota ishlab chiqarishda jarayonni avtomatik boshqarish

Jarayonni avtomatik boshqarish. Sulfat kislota ishlab chiqarishining sifat va texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari, asosan, texnologik rejimni aniq ushlab turilishiga bog'liqdir. Uning buzilishi unumdorlikning pasayishiga va mahsulot sifatining yomonlashishiga olib keladi. Shuning uchun nazoratning avtomatik usullarini kiritish va jarayonni boshqarish, ya'ni ishlab chiqarishni avtomatlashtirish halq xo'jaligida katta amaliy ahamiyatga egadir. Kimyoviy, xususan, sulfat kislota ishlab chiqarishda jarayonlarni avtomatik nazorat qilish va boshqarish juda ham zarur, chunki kimyoviy jarayonlar natijasida ishlab chiqarish binolari atmosferasiga ko'p miqdordagi zararli mahsulotlar (gazlar, bug'lar, chang va boshqalar) ajralib chiqishi mumkin.

Sulfat kislota ishlab chiqarish uzluksiz jarayon hisoblanadi, unda texnologik sxemadagi barcha asosiy jihozlar birin-ketin bog'langandir. Bitta jihozdagi jarayon buzilsa, keyingi jihozlardagi ish rejimi ham buziladi. Masalan, kontaktlanishga keladigan gazdagi sulfat angidrid konsentratsiyasining pasayishi natijasida kontakt jihozlaridagi harorat pasayadi va kontaktlanish darajasi kamayadi. Me'yoridagi ish tartibini tiklash va SO_2 kontaktlanishini talab etilgan me'yorgacha ko'tarish uchun gaz oqimini tegishli jo'mraklar bilan sozlashga to'g'ri keladi. Bunda absorbsiya bo'linmasida yutiladigan SO_3 miqdori kamayishi bilan bog'liq holda tozalash bo'linmasidan monogidratli absorberdagi yig'gichga beriladigan kislota miqdorini hamda oleumli yig'gichga yuboriladigan monogidrat miqdorini o'zgartirish kerak bo'ladi.

Shuni ham ta'kidlab o'tish kerakki, sulfat kislota korxonalarida texnologik tartibga qat'iy rioya qilinsa, uzoq vaqt hech qanday boshqarishlarsiz ishlashi mumkin. Sulfat kislota ishlab chiqarish normal ishlashida jihozlarni boshqarish juda kam amalga oshiriladi va xizmat qiladigan shaxslar faqatgina texnologik rejimni kuzatadi va uning parametrlarini qayd etib boradi. Bundan sulfat kislota ishlab chiqarishni kompleks avtomatlashtirish hech qanday iqtisodiy samara bermaydi, chunki bunda ozginagina mehnat sarfi kamayadi xolos, degan noto'g'ri xulosaga kelmaslik kerak. Lekin sulfat kislota ishlab chiqarishda kompleks avtomatlashtirishni joriy etish, ayniqsa mehnat sharoitini yaxshilanishini, xomashyo, elektroenergiya, suv va boshqalar sarfini kamayishini, jarayon jadalligini o'rnatishini belgilab beradi, madomiki shunday ekan avtomatlashgan jarayon nisbatan yuqori (optimal) ko'rsatkichlarda amalga oshirilishi mumkin. Bunday ko'rsatkichlarni qo'lda boshqarish orqali

ushlab turish amalda mumkin emas, chunki maqbul (optimal) tartibdan ozginagina chetlanish avtotermik jarayonning buzilishiga yoki ishlab chiqarishdagi kattagina yo'qotishlarga olib keladi.

Kolchedan xomashyosiga ishlaydigan sulfat kislota ishlab chiqarish korxonasini to'la avtomatlashtirishi tez-tez ta'mirlash talab etiladigan va xizmat ko'rsatish qiyin bo'lgan jihozlar (kislota sovutgichlari, nasoslar va boshqalar) kiradigan texnologik sxemalarning ulkanligi tufayli katta qiyinchiliklar bilan bog'liqdir. Lekin bu sxemalar ayrim alohida tarmoqlarini avtomatlashtirish tajribasi shuni ko'rsatadiki, ushbu jarayonni avtomatlashtirish iqtisodiy jihatdan o'z-o'zini to'la oqlaydi.

Tabiiy oltingugurt, vodorod sulfid, konsentrlangan sulfit angidridga ishlaydigan kontaktli tizimni avtomatlashtirish ayniqsa samaradordir. Bunda ishlab chiqarishning texnologik tizimi birmuncha soddalashadi, chunki undan tozalash bo'linmasi olib tashlanadi, sulfit angidrid olish jarayoni soddalashadi hamda kontaktli va minorali bo'linmalar soddalashadi. Avtomatik nazorat va boshqarish kiritilishi bilan texnologik jarayonni takomillashtirishning yangi, katta imkoniyatlari yuzaga keladi.

Avtomatik sxemaning nazorat qilinadigan parametrlari iloji boricha minimal bo'lishi kerak, vaholanki nazorat va boshqarish nuqtalarining haddan ziyod ko'payib ketishi jihozlarni keltirilish, ularga xizmat ko'rsatish va o'lchash natijalarini qayta ishlashga sarflanadigan katta xarajatlar bilan bog'liqdir.

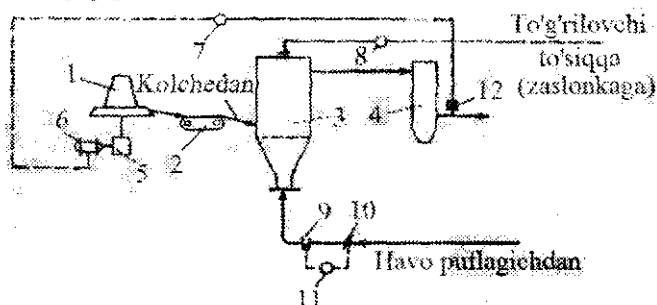
Kolchedanni kuydirishni avtomatik boshqarish. Sulfat kislota ishlab chiqarish barcha tarmoqlarining barqaror ishlashini belgilab beradigan sulfit angidrid olish jarayonining muhim ko'rsatkichlari – olinadigan sulfitli gaz hajmining doimiyligi va undagi SO_2 konsentratsiyasining bir xildaligi hisoblanadi. Bu ko'rsatkichlar birinchi navbatda muttassil bir xilda avtomatik ushlab turilishi lozimdir.

Olinadigan gazning o'zgarmas hajmini ushlab turish nisbatan osondir, buning uchun xomashyo yoqiladigan pechga bir xil miqdordagi havo beriladi. Gazdagi sulfit angidrid konsentratsiyasini bir xilda ushlab turish ancha mushkuldir, chunki SO_2 miqdori nafaqat pechga beriladigan xomashyo miqdoriga, balki boshqa ko'pgina omillar: xomashyoning maydalanish darajasi, undagi oltingugurt, namlik va boshqa qo'shimchalar miqdori, kuydirish sharoiti va boshqalarga ham bog'liqdir.

Sulfitli gazdagi SO_2 konsentratsiyasini avtomatik boshqarilishiga shunday erishiladiki, bunda sulfit angidrid konsentratsiyasini o'lchaydigan gazoanalizator tegishli qurilmalar yordamida kolchedan ta'minlagichga

ta'sir ko'rsatadi va shu yo'l bilan pechga beriladigan kolchedan miqdorini o'zgartiradi.

Ba'zan gazdagi SO_2 konsentratsiyasi pech yoki pechdan chiqadigan gaz harorati bo'yicha pechga beriladigan kolchedan miqdorini o'zgartirish yo'li bilan boshqariladi, chunki sulfat anhidrid konsentratsiyasi va gazning harorati bir-biriga o'zaro bog'liqdir. Lekin bunday boshqarish gazning konsentratsiyasi bo'yicha to'g'ridan-to'g'ri boshqarishga nisbatan aniqligi kamdir, va holatki uning harorati nafaqat SO_2 miqdoriga, balki pechga kiradigan havo haroratiga, kolchedanning namligiga va boshqalarga ham bog'liqdir. Bundan tashqari, pech ichki niqobining va gaz o'lkazgichlarning qizib ketishi hisobiga gaz haroratining o'zgarishi undagi SO_2 konsentratsiyasi o'zgarishidan birmuncha orqada qoladi, bu ham boshqarish aniqligiga ta'sir ko'rsatadi.

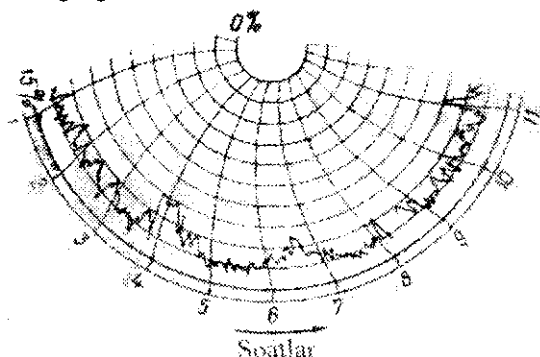


7.2-rasm. Qaynovchi qatlamli kuydirish pechini avtomatik boshqarish tizimining tasviri:

1 – tarelkali ta'minlagich; 2 – oraliq transportyor; 3 – pech; 4 – qozon-yuttirgich; 5 – reduktor; 6 – ta'minlagichni aylantirish manbasi; 7, 8, 11 – boshqargichlar; 9 – diafragma; 10 – boshqariladigan zaslonka; 12 – SO_2 gazoanalizatori.

7.2-rasmda kolchedanga ishlaydigan qaynovchi qatlam pechini avtomatlashtirish tizimi tasvirlangan. Gaz hajmining doimiyligiga quyidagicha erishiladi. Pechga keladigan havo miqdorini o'lcaydigan diafragmadan (9) beriladigan impuls boshqargich (11) orqali kiradigan havo miqdorini boshqaradigan gaz to'sgichga (zaslonka) (10) ta'sir ko'rsatadi. Kuyundi gazidagi SO_2 konsentratsiyasining bir xilligi shunday ta'minlanadiki, bunda qozon-yuttirgichdan (4) keyin o'rnatilgan gazoanalizatoridan (12) beriladigan impuls boshqargich (7) orqali tarelkali ta'minlagich (1) tezligiga (variator yoki boshqariluvchi reostat yordamida) ta'sir ko'rsatadi. Pech yuqori qismidagi vakuumning doimiyligi (4-5 mm.suv ust.) boshqargich (8) orqali ushlab turiladi. Bu regulyator gaz

purkagichdan oldingi boshqarish elementi (masalan, zaslonka) holatini mos ravishda o'zgartirib turadi. Bayon etilgan boshqarish tizimidagi SO_2 konsentratsiyasining og'ishi o'rtacha 0,3% ni tashkil etadi (7.3-rasm).

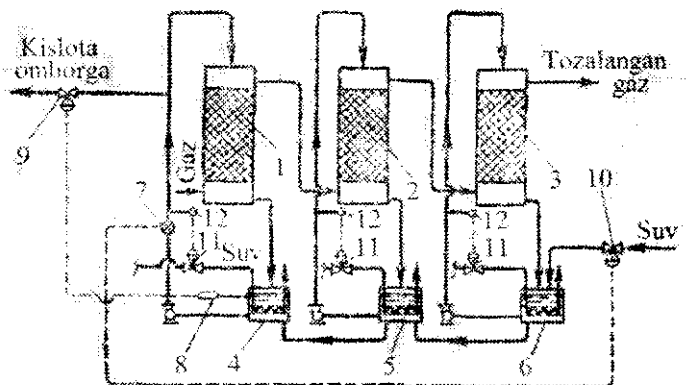


7.3-rasm. Avtomatik gazoanalizator vositasi bilan pechga beriladigan xomashyoni boshqarilishida kuyundi gazidagi SO_2 konsentratsiyasining kartogrammasi.

Kuyundi gaz yuvilishini avtomatik boshqarish. Changdan tozalangan kuyundi gazi birinchi va ikkinchi yuvish minoralarida nisbatan past haroratda sulfat kislotasining suyultirilgan eritmasi bilan yuviladi. Bu sharoitda kuyundi gazidagi asosiy qo'shimchalar (sulfat, arsenit va selenit anhidridlar) tuman (bug') ga o'tadi, u qisman yuvish minoralarida va to'la – namlash minorasida va nam elektrofiltrlarda cho'ktiriladi. Minora va elektrofiltrlarda to'planadigan kislota ikkinchi yuvish minorasiga, undan esa birinchi yuvish minorasiga uzatiladi.

Namlash va ikkinchi yuvish minoralaridagi H_2SO_4 konsentratsiyasi birinchi yuvish minorasidagi kislota konsentratsiyasi, yuvish bo'linmasining harorat rejimi va ayrim boshqa sharoitlar orqali belgilanadi. Shunga muvofiq holda 7.4-rasmda tasvirlangan yuvish minorasini avtomatlashtirish tizimining tasviri chizilgan. Birinchi yuvish minorasidagi kislota konsentratsiyasining bir xilligiga shunday erishiladiki, bunda konsentratomer daraja to'g'rilagichi (chiqarima o'lchash o'zgartirgichi) (7) namlash minorasidagi yig'igichga beriladigan suv miqdorini o'zgartiruvchi klapanga (10) ta'sir ko'rsatadi. Birinchi yuvish minorasidagi yig'igich 4 dan ortiqcha kislota omborga chiqarib yuboriladi. Chiqarib yuboriladigan kislota miqdori daraja to'g'rilagichni (8) klapanga (9) ta'sir etishi yo'li bilan boshqariladi.

Harorat rejimining bir xilligiga shunday erishiladiki, bunda termoparalar (12) impulsarlari klapanlarga (11) uzatiladi, u shunga mos holda kislotani sovutgichlariga yuboriladigan suv miqdorini o'zgartiradi.



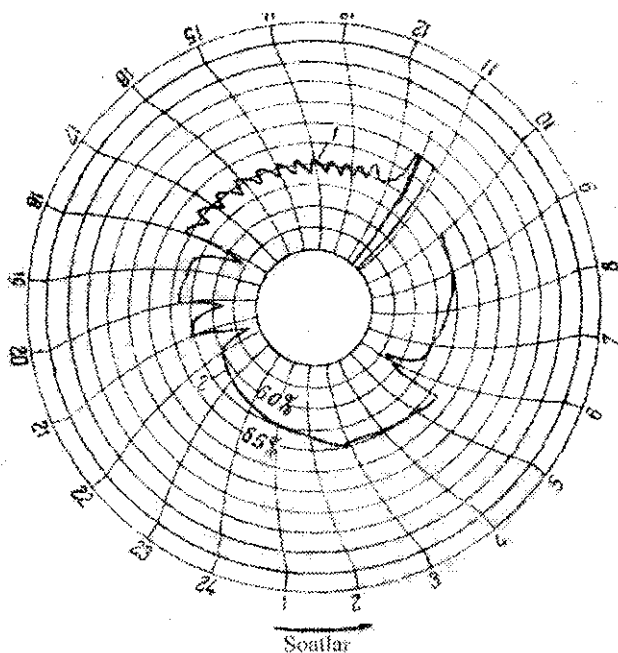
7.4-rasm. Yuvish bo'linmasini avtomatlashtirish tizimi tasviri:

1,2 – yuvish minoralari; 2 – namlash minorasi; 4-6 – kislotani yig'gichlari; 7 – konsentratsiya to'g'rilagichi; 8 – daraja to'g'rilagichi; 9-11 – to'g'rilash klapanlari; 12 – termoparalar bilan harorat to'g'rilagichlari.

Boshqarish tizimi soddadir, uning kamchiligi katta inersiyalilikka egaligidir. Lekin ushbu holatda bu katta ahamiyatga ega emas, chunki birinchi yuvish minorasidagi kislotani konsentratsiyasining me'yorida yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan og'ishi 2-3% ni tashkil etadi, ortgan inersiyani ta'siri bu chegaradan chiqmaydi.

Namlash minorasi bo'lmagan taqdirda suv ikkinchi yuvish minorasidagi yig'gichga (5) qo'shiladi; bunda tizim inersiyaliligi kamayadi va boshqarish aniqligi ortadi. Bunday boshqarish tizimidagi birinchi yuvish minorasi kislotani konsentratsiyasining kartogrammasi 7.5-rasmda tasvirlangan.

Quritish-absorbsiya bo'linmasini avtomatlashtirish. Quritish va absorbsiya bo'linmalari bir-biriga uzviy bog'liqdir. Quritish kislotasi konsentratsiyasini oshirish uchun absorbsiya bo'linmasidagi monogidrat ishlatiladi, ortiqcha quritish kislotasi absorbsiya bo'linmasiga uzatiladi. Shunday qilib, quritish minoralarida gazdan yutiriladigan barcha suv absorbsiya bo'linmasiga keladi, u yerda sulfat angidrid bilan bog'lanib, H_2SO_4 ga aylanadi.



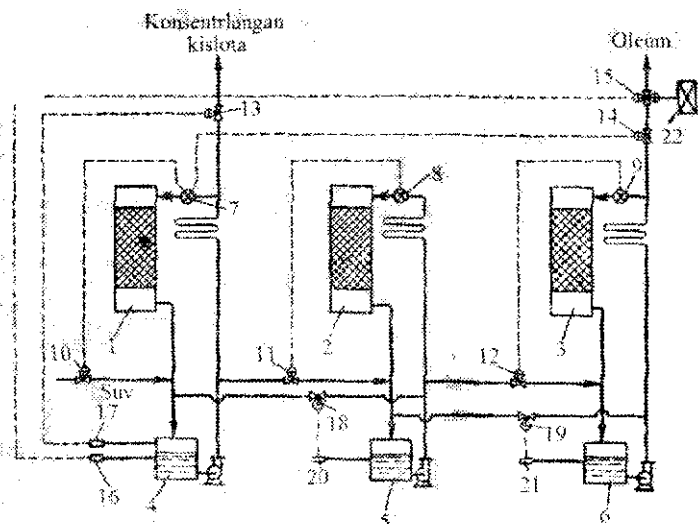
7.5-rasm. Namlash minorasi bo'lmaganda birinchi yuvish minorasi kislota konsentratsiyasining kartogrammasi:

1 – avtomatik boshqarish; 2 – qo'lda boshqarish.

Kontaktli zavodning asosiy mahsuloti oleum hisoblanadi, shuning uchun, agar gaz bilan standart oleumga aylanishi uchun talab etiladigan miqdoridan kam miqdordagi suv kelsa, tizimga (quritish yoki absorbsiya bo'linmasiga) suv kiritiladi. Agar kerakligidan ortiqsa suv kiritilsa, bunda mahsulotning bir qismi konsentrlangan sulfat kislota tarzida olinadi.

7.6-rasmda barcha tizimdagi kislotalarning talab etiladigan konsentratsiyasini avtomatik ushlab turilishini, shuningdek omborga mahsulotni avtomatik uzatilishini ta'minlaydigan quritish-absorbsiya bo'linmasini avtomatik boshqarish tizimi tasvirlangan.

Oleumning belgilangan konsentratsiyasi oleum yig'gichiga (6) tushadigan monogidrat miqdorini o'zgartiruvchi klapaniga (12) to'g'rilagichning (9) ta'sir etishi yo'li bilan ushlab turiladi. Monogidrat va quritish kislotalarining konsentratsiyasi ham xuddi shunday boshqariladi – to'g'rilagichlar (7 va 8) klapanlarga (10 va 11) ta'sir etadi.



7.6-rasm. Quritish-absorbsiya bo'linmasini avtomatlashtirish tizimi tasviri:

1 - quritish minorasi; 2 - monogidratli absorber; 3 - oleumli absorber; 4-6 - kislotasi yig'gichlari, 7-9 - konsentratsiya to'g'rilagichlari; 10-15, 18, 19 - to'g'rilash klapanlari; 16, 17, 20, 21 - daraja to'g'rilagichlari; 22 - boshqarish markazi

Omborga jo'natiladigan oleum miqdori daraja to'g'rilagich (16) yordamida boshqariladi, u klapani (15) ta'sir etadi.

Oleumli absorberda (3) barcha mahsulotni oleum tarzida ishlab chiqarish uchun talab etiladigan miqdoridan ko'p SO_3 (talab etiladigan 31% o'rniga 60-70% SO_3) yuttiriladi, shuning uchun oleumni suyultirish uchun monogidrat yetishmaydi. Bu nomuvofiqlik daraja to'g'rilagichining (21) klapani (19) ta'sir etishi natijasida ortiqcha oleumning yig'gichdan (6) yig'gichga (5) oqib o'tishi va u yerda monogidrat konsentratsiyasigacha suyulishi orqali bartaraf etiladi.

Agar quritish minorasiga gaz bilan keladigan namlik miqdori barcha mahsulotni oleum tarzida ishlab chiqarilishi uchun talab etiladiganidan ko'p bo'lsa, quritish kislotasining konsentratsiyasi yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan chegara qiymati (93% H_2SO_4) gacha kamayadi. U holda konsentratsiya to'g'rilagichi (7) klapani (14) berkitishga impuls uzatadi, bunda yig'gichdagi (6) kislotasi darajasi ortadi. Kislotasi darajasi qabul qiluvchi daraja to'g'rilagichga (17) yetgach, u klapani (13) ochishga impuls uzatadi, natijada mahsulotning bir qismi tizimdan quritish kislotasi sifatida chiqarib olinadi. Suv yetishmaganda tizimga suv berilishini

boshqaruvchi klapan (10) to'g'rilagichning (7) datchigi ta'sir etishi natijasida quritish kislotasi yuqori yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan chegarada (93,5% H_2SO_4) ushlab turiladi. Bu holda barcha mahsulot oleum tarzida klapan (15) orqali chiqariladi.

Quritish kislotasining o'rnatilgan konsentratsiyasi klapan (18) daraja to'g'rilagichining (20) ta'sir etishi natijasida monogidratning yig'gichdan (5) yig'gichga (4) uzatilishi orqali ushlab turiladi.

Quyida qo'lda va avtomatik boshqarishdagi jarayon asosiy parametrlarining ushlab turilish aniqligi haqidagi ma'lumotlar keltirilgan:

Boshqarish parametrlari	Boshqarish	
	qo'lda	avtomatik
Monogidrat:		
konsentratsiya, % H_2SO_4	$\pm 0,3$	$\pm 0,1$
yig'gichdagi daraja, sm	± 30	$\pm 3,5$
Oleum:		
konsentratsiya, % H_2SO_4	± 2	$\pm 0,15$
yig'gichdagi daraja, sm	± 40	$\pm 6,2$
Quritish kislotasi:		
konsentratsiya, % H_2SO_4	± 1	$\pm 0,25$
yig'gichdagi daraja, sm	± 20	$\pm 7,5$
sarfi, t/soat	o'lchanmagan $\pm 0,3$	

Soddalashtirilgan sikl bo'yicha ishlaydigan quritish-absorbsiya bo'linmasining avtomatlashtirish tizimi (7.7-rasm) chet ellardagi zavodlarda amalga oshirilgan va unchalik murakkab bo'lmagan texnik vositalar, asosan elektrik to'g'rilagichlar tizimini qo'llash orqali bajarilgan.

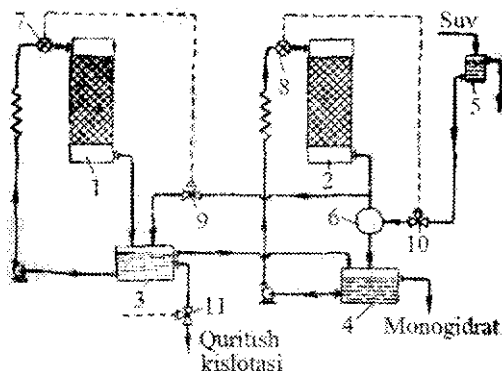
Kontakt bo'linmasini avtomatlashtirish. Gazning berilgan tarkibi va miqdorida nisbatan yuqori kontaktlanish darajasiga erishish uchun kontakt jihozining harorat rejimini $\pm(3-5)$ aniqlikda ushlab turilishi kerak. Ma'lumki, kontakt bo'linmasining harorat rejimi gaz bilan keladigan sulfid angidrid konsentratsiyasiga bog'liqdir, shuning uchun bu bo'linmadagi haroratni boshqarish odatda SO_2 stabil konsentratsiyasini avtomatik ushlab turish bilan uyg'unlashtiriladi.

Oraliq issiqlik almashtirgichli kontakt jihozlari shunday avtomatlashtirish sxemalaridan biri 7.8-rasmda tasvirlangan.

Sulfid angidrid oksidlanish jarayoni nazariyasiga asoslanib, hisoblash texnikasi yordamida kontakt jihozining maqbul (optimal) harorat rejimini aniqlash qo'llanmasi keltirilgan. Adiabatik (oraliq issiqlik almashtirgichli kontakt jihozlaridagi) jarayon uchun quyidagi nisbat o'rinalidir:

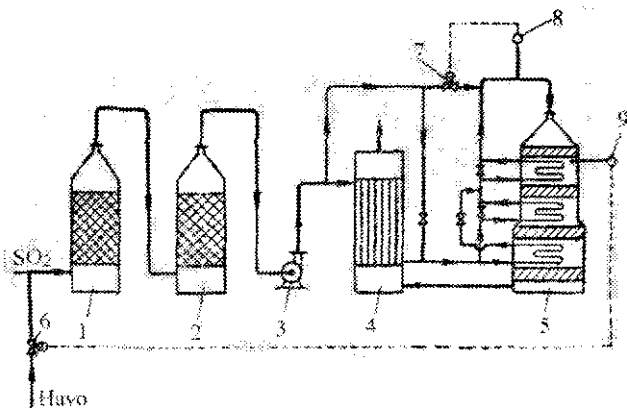
$$T = T_o + \lambda(x - x_o) \quad (7.1)$$

bu yerda: T_o va T – kontakt massa qatlamiga kirishda va undan chiqishda gazning harorati; λ – kontaktlanish darajasi 0 dan 1 ga o'zgargandagi gaz haroratining ortish koeffitsienti; x_o va x – kontakt massa qatlamiga kirishdagi va undan chiqishdagi kontaktlanish darajasi.



7.7-rasm. Quritish-absorbsiya bo'linmasini avtomatlashtirishning soddalashtirilgan tizim tasviri:

1 - quritish minorasi; 2 - monogidratli absorber; 3,4 - kislotaga yig'igichlari; 5 - suv uchun bak; 6 - aralashtirgich; 7,8 - konsentratomerlar; 9,10 - to'g'rilash klapanlari; 11 - elektrik bajaruvchi mexanizimli uzoq masofadan boshqariladigan klapan.



7.8-rasm. Kontakt jihozini avtomatlashtirish tizimi tasviri:

1 - quritish minorasi; 2 - tomchi ushlagich; 3 - quvvurli gaz purkagich; 4 - tashqi issiqlik almashtirgich; 5 - kontakt jihozi; 6,7 - to'g'rilash klapanlari; 8,9 - termoparalar bilan haroratni to'g'rilagichlar.

Vanadiyli katalizatorida SO_2 ni SO_3 ga oksidlanish reaksiyasi kinetikasini ifodalaydigan kontaktlanish darajasi o'zgarishining tezligi:

$$\frac{dx}{d\tau} = \frac{k_c}{a} \left(\frac{x_p - x}{x} \right)^{0.8} \left(b - \frac{ax}{2} \right) \frac{273}{T} \quad (7.2)$$

tenglamadan topiladi, kontakt massa faolligi pasayganda faollanish energiyasi E amalda o'zgarmaydi.

Quyidagi

$$k_c = k_o e^{-\frac{E}{RT}} \quad (7.3)$$

tenglama bilan ifodalangan reaksiya tezlik konstantasining pasayishini kontakt massa faolligini ifodalaydigan k_o koeffitsientini kamayishi keltirib chiqaradi. k_o ni aniqlash reaksiya tezlik konstantasi va jarayonni maqbul (optimal) sharoitini o'rnatish uchun zarurdir.

(7.3) tenglamadagi k_c qiymatini (7.1) tenglamaga qo'yib, tenglama yechiladi:

$$k_o = \frac{2}{273\tau} \int_{x_o}^x e^{\frac{E}{RT}} \left(\frac{x}{x_p - x} \right)^{0.8} \cdot \frac{T}{\frac{2b}{a} - x} dx \quad (7.4)$$

Haroratni o'lchash uchun ancha sodda va ishonchli usullar ishlab chiqilgan, shuning uchun (7.4) tenglamadagi x va x_p kattaliklarni tegishli haroratlar orqali ifodalash maqsadga muvofiqdir. O'zgarmas bosim va gazning berilgan tarkibida muvozanatdagi kontaktlanish darajasi faqat haroratga bog'liqdir:

$$x_p = f(T) \quad (7.5)$$

(7.1) tenglamani:

$$x = x_o + \frac{T - T_o}{\lambda} \quad (7.6)$$

tarzida yozamiz. Undan:

$$dx = \frac{dT}{\lambda} \quad (7.7)$$

kelib chiqadi.

(7.4) tenglamaga (7.5) – (7.7) tenglamalaridagi x_p , x va dx qiymatlarini qo'yish orqali k_o ning katalizator qatlamidan chiqadigan gaz harorati T ga bog'liqligi hosil qilinadi. So'ngra k_o , τ va x_o larning ma'lum bo'lgan qiymatlari bo'yicha (7.4) tenglama yechiladi, $x = f(T)$ bog'liqligi aniqlangan odatdagi usul bilan maksimumda o'rganiladi va shunday yo'l

bilan maksimal kontaktlanish darajasiga erishiladigan gazning harorati T_0 aniqlanadi. Kontakt massa birinchi qatlamiga kirishda kontaktlanish darajasi nolga, ikkinchi va keyingi qatlamlarda esa – oldingi qatlamlardagi kontaktlanish darajalarining yig'indisiga teng bo'ladi.

Hisoblash texnikasi ishlatilganda sanoat kontakt jihozlaridagi jarayonlarning parametrlarini qo'shimcha o'lchash talab etilmaydi, vaholanki gazning harorati kontakt massaga kirishda va undan chiqishda har bir qatlam uchun muntazam o'lchab turilar edi. Shunday qilib, gazning miqdori va tarkibi bir xilligida kontaktlanish jarayonining maqbul (optimal) sharoiti hisoblash qurilmalari yordamida quyidagi yo'llar bilan ushlab turiladi:

- 1) gazning harorati kontakt massaga kirishda va chiqishda aniqlanadi, (7.4) tenglama bo'yicha k_0 koeffitsienti hisoblanadi;
- 2) olingan k_0 qiymati asosida gazning maqbul (optimal) harorati T_0 aniqlanadi, buning uchun $x = f(T)$ bog'liqligi maksimumda o'rganiladi;
- 3) hisoblash natijalari – maqbul (optimal) haroratni ushlab turadigan to'g'rilagichga ta'sir etish uchun hisoblash qurilmasida ishlatiladigan signalga aylantiriladi.

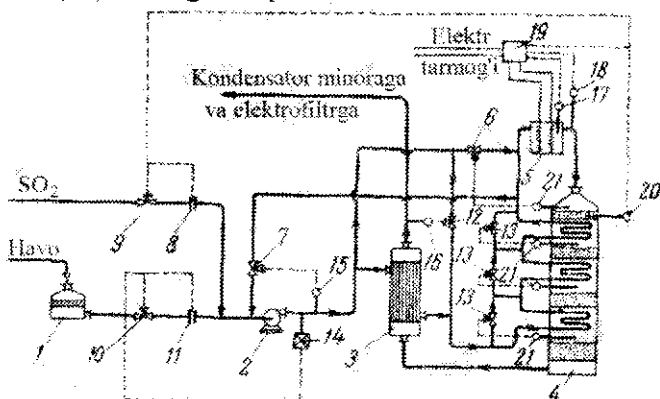
Shuning uchun jarayonning maqbul (optimal) sharoitiga erishish uchun haroratlarning maksimal farqi $\Delta T = T - T_0$ ni ushlab turish kerakdir. Bu holda hisoblash qurilmasining ΔT kattalikni ifodalaydigan signali kontakt massa qatlamiga kirishdagi gaz haroratini to'g'rilagichiga yuboriladi, bu esa haroratlarning maksimal farqini ushlab turilishini ta'minlaydi.

Jihozlar ishi maqbul (optimal) sharoitini ushlab turishning bayon etilgan usullarining yutug'i va kamchiligi tajriba yo'li bilan hisobga olinishi kerak.

Kontaktli sulfat kislota ishlab chiqarishni kompleks avtomatlashtirish. Qaynovchi qatlamda kolchedan kuydirilishidan kontaktli sulfat kislota ishlab chiqarishni kompleks avtomatlashtirish tizimi 7.9-rasmda tasvirlangan.

Avtomatik boshqaruv sexlarining barpo etilishi. Konsentrlangan sulfit anhidrid, vodorod sulfid va tabiiy oltingugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarish soddadir, shuning uchun bu xomashyolardan sulfat kislota ishlab chiqarishni yanada kattaroq darajada avtomatlashtirilishi mumkin va ishga tushirish, to'xtatish va tizimning avariya holatidan chiqishini o'z ichiga olgan barcha ishlab chiqarish bosqichlarini kompleks avtomatlashtirishdan to'la avtomatlashtirishga o'tkazilishi mumkin. Bunday to'la

chiqarish texnologik tizimi quyidagilardan iborat bo'ladi. Filtrda (1) changdan tozalangan havo konsentrlangan sulfat angidrid bilan aralashadi, so'ngra havo purkagich (2) bilan issiqlik almashtirgichning (3) quvurlararo bo'shlig'iga yuboriladi, u yerda aralashma kontakt gazi bilan qiziydi. Tizimga keladigan havoni quritilmaydi, shuning uchun kontakt jihozidan chiqadigan gazlarda SO_3 dan tashqari suv bug'i ham bo'ladi. Issiqlik almashtirgich (3) quvurlarida sulfat kislotaning kondensatsiyalanishini oldini olish uchun gazga gaz purkagichga (2) kirishda qaynoq gazning aralashma harorati sulfat kislota shudringlari nuqtasidan yuqori bo'ladigan miqdori qo'shiladi. Gazlar aralashmasining harorati klapan (7) bilan boshqariladi, unga gaz purkagichdan (2) keyin gaz haroratini o'lchaydigan termoparadan (15) keladigan impuls ta'sir etadi.



7.10-rasm. Konsentrlangan sulfat angidridga ishlaydigan tajriba avtomatik boshqaruv sexi tizimi tasviri:

1 – filtr; 2 – havo purkagich; 3 – issiqlik almashtirgich; 4 – kontakt jihozi; 5 – elektrik (ishga tushiruvchi) qizdirgich; 6,7,9,10,12,13 – to'g'rilash klapanlari; 8,11 – sarfni to'g'rilagichlar; 14 – gazoanalizator; 15-18,20,21 – termoparalar; 19 – boshqarish qurilmasi.

Gazdagi SO_2 konsentratsiyasining bir xilligiga tizimga keladigan havo miqdorini boshqaruvchi klapaniga (10) gazoanalizatorning (14) ta'sir etishi yo'li bilan erishiladi. Kontakt massa birinchi qatlamiga kirishda gaz haroratining bir xilligi klapaniga (6) termoparadan (21) keladigan impuls ta'sir etishi va issiqlik almashtirgichdan (3) o'tib kontakt jihoziga keladigan baypasli sovuq gaz miqdorini o'zgartirish orqali ushlab turiladi. Kontakt massaning ikkinchi va keyingi qatlamlariga kiradigan gaz haroratini boshqarilishi ham kontakt jihozining ichki issiqlik almashtirgichiga keladigan gazning miqdorini o'zgartiradigan klapaniga

(13) boshqa termoparalardan (21) keladigan impulslar ta'sir etishi orqali amalga oshiriladi. Omborga yuboriladigan kislota miqdori omborning mahsulot keladigan kislota quvuriga o'rnatilgan klapaniga tegishli (daraja to'g'rilagichining impulsi bo'yicha) ta'sir etish yo'li bilan boshqariladi.

Avtomatik boshqaruv sexi kontakti yoki «ishga tushirish» tugmachasini bosish orqali yohud avariya holati bo'lmasa, avtomatik suratda ishga tushadi. Boshlang'ich impulsi olgach, bajaruvchi mexanizm gaz purkagich elektrodvigateli (2) va elektrik qizdirgich (5) tarmog'ini ulaydi. Shundan so'ng ventilyator rotorining singari normal aylanish tezligi hosil qiladi, sarf to'g'rilagich (11) bajaruvchi mexanizm yordamida klapan (10) to'g'rilagichiga ta'sir etadi. Shunday qilib, kontakt jihozini qizdirish paytida havoning belgilangan hajmi normal rejimdagiga nisbatan ancha kam bo'ladi.

Gaz purkagich (2) issiqlik almashtirgichga (3), so'ngra elektrik qizdirgichga (5) havo haydaydi.

Elektrik qizdirgich ish rejimi termoparalar (17 va 18) ko'rsatkichlari bo'yicha zanjirdagi tok kattaligi orqali boshqariladi. Termoparalardan birinchisi spirallardagi haroratni o'lchaydi, u belgilangan chegaradagi qiymatdan oshmasligi kerak. Ikkinchi termopara qizdirgichdan (5) chiqadigan gazning belgilangan haroratini ($480-500^{\circ}\text{C}$) o'lchaydi va ushlab turadi. Kontakt massa birinchi qatlamiga kirishda gazning harorati [u yuqoridagi termopara (21) bilan o'lchanadi] 420°C ga yetgach, bajaruvchi mexanizm asta-sekin klapan (9) to'g'rilagichini ochadi. Bu klapaning oxirgi ochilish darajasi sexning belgilangan unumdorligiga muvofiq holda sarf to'g'rilagich (8) bilan cheklanadi.

Kontakt massa birinchi qatlamidan keyin gazning harorati normal ishlashi uchun belgilanganidan $30-50^{\circ}\text{C}$ ga past bo'lsa, termoparalar (18) impulsining unga ta'sir etishi natijasida bajaruvchi mexanizm elektroqizdirgich ta'minlanadigan tokni o'zgartiradi. Kontakt jihozida harorat ortib borishiga ko'ra termoparalar (21) klapanlarga (13) ta'sir etadi, buning oqibatida gaz kontakt massaning har bir qatlamiga kirishida maqbul (optimal) haroratga ega bo'ladi.

Sulfat kislota kondensatsiyalanish jarayonining harorat rejimi kislota sovitishga beriladigan suv miqdorini boshqaruvchi klapanlarga ta'sir etadigan qarshilik termometrlarining impulsleri bo'yicha boshqariladi.

Avtomatik boshqaruv sexlarini to'xtatish kontakti yoki «to'xtatish» tugmachasini bosish yohud SO_2 yetishmaganda ishlaydigan bajaruvchi mexanizm orqali, yoxud alohida tarmoq va jihozlar ishida buzilganlik va

buzilish haqida signal beruvchi avariya qurilmalari yordamida amalga oshiriladi. Impuls olgan bajaruvchi mexanizm klapani (6) yopadi. SO_2 konsentratsiyasi kamayishi natijasida klapan (7) kirayotgan havo miqdori kontakt jihozini qizdirishda beriladigan uning miqdoriga teng bo'lgunga qadar asta-sekinlik bilan yopiladi. Gazning harorati belgilanganidan 20°C past darajaga yetgach, elektroqizdirgichdagi tok avtomatik suratda ulanadi va kontakt jihoziga pufkash uchun (SO_3 ni yo'qotishga) qaynoq havo oqimi kirishi boshlanadi. Havo purkash vaqti kontakt jihozi quvvatiga bog'liq holda 20-30 soatni tashkil etadi. Havo purkash to'xtashi bilan vaqt relesi klapani (7) yopadigan tegishli bajaruvchi mexanizmga ta'sir etadi va tizimga havo puflaydigan havo purkagich (2) to'xtaydi.

Agar havoni quritish va mahsulotni oleum tarzida ishlab chiqarish ko'zda tutilgan bo'lsa, texnologik sxema va avtomatlashtirish tizimi birmuncha murakkablashadi. Lekin quritish minorasi va oleumli absorberni sxemaga kiritish avtomatik sex barpo etishda qiyinchiliklar keltirib chiqarmaydi, chunki bu jihozlarni avtomatlashtirish soddadir.

SO_2 ni suyultirishda havo o'rniga kislorod ishlatilganda avtomatlashtirish tizimi birmuncha o'zgaradi, uning jihozlanishi kislorodni me'yorlashtirish usuliga va kontakt jihozining harorat rejimini boshqarilishiga bog'liqdir.

Vodorod sulfid va tabiiy oltingugurt xomashyolari hisobiga ishlashda yuqorida keltirilgan texnologik sxema va avtomatlashtirish tizimi sulfid angidrid olish uchun qo'shimcha jihozlar bilan to'ldirilishi kerak. Bunda sexni avtomatik ishga tushirish va to'xtatish birmuncha murakkablashadi, ammo avtomatik boshqaruv sexi barpo etish uchun ishlatiladigan asosiy usullar o'zgarmaydi.

3-§. Sulfat kislota ishlab chiqarishda hayotiy faoliyat xavfsizligi

Odatdagi, avtomatlashtirilmagan sxema bo'yicha sulfat kislota ishlab chiqarishda sulfid angidrid, azot oksidlari yoki sulfat kislota bug'lari bilan zaharlanish, sulfat kislota bilan kimyoviy kuyish, jihoz va kommunikatsiyalar qaynoq sirtiga tegib ketish natijasida termik kuyish mumkin, shuningdek elektr toki bilan shikastlanishni ham istisno qilmaslik kerak.

Sulfid angidrid bilan ishlash. Sulfid angidrid terini, burun, ko'z va yuqori nafas olish organlari shilliq pardalarini yallig'lanishiga olib kelishi mumkin. Havo tarkibida 0.06 mg/l SO_2 bo'lganda o'pkaning shishishi va yurakning kengayishi bilan boradigan kuchli zaharlanishga olib kelishi

mumkin. Zaharlanish belgilarida bosh aylanadi, shilliq pardalar yallig'lanadi (burun oqishi, chuchkurish, yo'tal paydo bo'ladi). Kuchli zaharlanganda umumiy quvvatsizlanish, nafas bo'g'ilish, qon tuflash bilan kuchli yo'tal paydo bo'ladi va xattoki xushdan ketish mumkin. Ishlab chiqarish binolari ish joylarida havodagi sulfat angidridning yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan konsentratsiya chegarasi 10 mg/m^3 dan oshmasligi kerak.

Sulfat angidridning avariya ajralib chiqishida zaharlanishni oldini olish uchun filtrlovchi protivogazlar tutilishi kerak. Zaharlangan shaxslar zudlik bilan ochiq havoga olib chiqilishi, unga kislorod berish va kuchsiz soda eritmasi ichirish kerak. Kuchli zaharlanganda sun'iy nafas oldirish va zudlik bilan shifokorga murojaat etish lozim.

Sulfat angidrid bilan ishlash. Sulfat angidrid erkin holatda havo tarkibida bo'lmaydi; suv bug'i bilan birikib, u sulfat kislota mayda tomchilaridan iborat tuman hosil qiladi. Havoda sulfat kislotali tumanning bo'lishi nafas olishni qiyinlashtiradi, lekin uning oz miqdordagi dozasi nafas olish shilliq pardalarini yallig'lantirmaydi. Ishlab chiqarish binolari ish joylaridagi sulfat angidrid va sulfat kislotalarning yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan konsentratsiya chegarasi 1 mg/m^3 dan oshmaydi.

Tumansimon sulfat kislota bilan zaharlanganda tomoqni soda eritmasi bilan chayish va ehtiyotlik bilan (shifokor nazoratida) spirt, efir yoki xloroform bug'i bilan nafas olish kerak.

Sexlarda sulfat va sulfat angidridlar chiqishini oldini olishning asosiy choralari gaz o'tkazgich quvurlar va jihozlarning germetikligini ta'minlashdir. Jihozlar va kommunikatsiyalar holatini sinchiklab nazorat qilib borish hamda o'z vaqtida ta'mirlash orqali kontakt sexidagi gazlarning atmosferaga chiqib ketishini to'la bartaraf etiladi.

Azot oksidlari bilan ishlash. Azot oksidlari o'pkaga ta'sir etib, uni yallig'lantiradi va ularda shish paydo qiladi. Zaharlanish nafas olish yo'llarini kuchsiz yallig'lantirish (yo'tal) dan boshlanadi, u azot oksidlari yo'qotilgandan bir oz vaqt o'tgach o'tib ketadi. Anchagina og'ir holatlarda nafas olish yo'llarini kuchli yallig'lanishi seziladi, kuchli yo'tal, ba'zan bosh og'rig'i, ko'ngil aynishi kuzatiladi; ayrim hollarda jabrlanuvchi chuqur nafas ololmaydi. Keyinchalik yuqori haroratli o'pkaning yallig'lanishiga olib kelishi mumkin. Azot oksidlarining qisqa muddatli ta'sirida $150\text{--}200 \text{ mg/m}^3$ (N_2O_3 hisobida) miqdori xavfli miqdor hisoblanadi; azot oksidlarining yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan konsentratsiya chegarasi 5 mg/m^3 ni tashkil etadi.

Azot oksidlari bilan zaharlanganda, xuddi sulfat angidrididagi zaharlanish singari, jabrlanuvchini zudlik bilan ochiq havoga olib chiqish. unga kislorod berish yoki sun'iy nafas oldirish va shifokor chaqirish kerak.

Sulfat kislota bilan ishlash. Konsentrlangan sulfat kislota teriga sachraganda kuchli kuyadi, uzoq vaqt tuzalishi qiyin bo'lgan yara hosil qiladi. Kuyish terining katta yuzasida bo'lishi juda xavflidir, u ayrim hollarda hayot uchun ham havflidir.

Teriga tushgan sulfat kislota zudlik bilan kuchli suv oqimida yuvilishi, so'ngra tananing zararlangan yuzasi 5% li soda eritmasi bilan namlanishi va vazelin surtilishi kerak. Ortiqcha miqdordagi suv bilan yuvish muhimdir, chunki uning oz miqdorida kislotaning suyultirish issiqligi va sulfat kislotaning soda eritmasi bilan neytrallanish issiqligi hisobiga kuyish yana ham kuchayishi mumkin.

Kuchli kuyganda yuqoridagi choralar ko'rilgandan keyin albatta shifokorga murojaat etish lozimdir.

Sulfat kislota sexlarida soda eritmasi bo'lgan gidrantlar o'rnatilgan bo'ladi va bachoklar qo'yiladi.

Kislota bilan kuyish ehtimolligi nasoslar va kislota quvurlari yaqinida yana ham ko'proq bo'ladi. Shuning uchun nasoslar, jo'mraklar, ventillarga xizmat ko'rsatishda va kislota quvurlarini ta'mirlashda himoya ko'zoynaklaridan foydalanish kerakdir. Kislota quvurlari, armaturalar, nasoslarni ta'mirlashda va salniklar o'rnatishda rezinali oldiga tutgich (fartuk) va qo'lqoplarda ishlash, yig'gichlar va sovutgichlarni ta'mirlashda esa rezina etik ham kiyish lozimdir.

Vodorod sulfid bilan ishlash. Vodorod sulfid – kuchli ta'sir etuvchi zahardir. Yuqori ($1 \text{ g/m}^3 \text{ H}_2\text{S}$ dan yuqori) konsentratsiyalarda zaharlanish juda tez yuz beradi, u talvasa yuz berishi va xushdan ketish kuzatiladi; nafas olish markazini falaj bo'lishi natijasida o'linga olib kelishi mumkin. Vodorod sulfid oz miqdordagi konsentratsiyalarda yallig'lantirish ta'siriga egadir, ishlab chiqarish binolaridagi ish joylarida vodorod sulfidning yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan konsentratsiya chegarasi 10 mg/m^3 ni tashkil etadi.

Vodorod sulfid havo bilan portlovchi aralashma hosil qiladi, shuning uchun ishga tushirish va ishlatish bo'linmalarida H_2S ni yondirish uchun yong'in havfsizligi qoidalariga alohida e'tibor berilishi kerak.

Kontakt sexining pech bo'linmasida, sulfitti gaz bilan zaharlanishdan tashqari, mehanizmlarni ishlatishdagi ehtiyotsizlik tufayli kuyish va jarohat olish mumkin. Pechlarga xizmat ko'rsatish jarayonida maxsus to'siq qilinmagan pechga suyanish man etiladi.

«Kuzatish oynasi» orqali xomashyoni yonishini kuzatish lozim bo'lsa, maxsus ko'zoynak taqiladi, chunki pechdan kutilmaganda chiqadigan alanga ko'zni jarohatlashi mumkin.

Elektr toki bilan ishlash. Tok o'tkazuvchi simlar va detallarga noto'g'ri yondoshilganda elektr toki inson hayoti uchun katta xavf soladi. Elektr toki bilan shikastlanish ikkita: issiqlikli (kuyish) va mexanik (to'qimalarning buzilishi) turlarga bo'linadi. Elektr urishi butun organizmning umumiy shikastlanishiga olib kelishi mumkin. Shuni bilish kerakki, inson tokning ta'sir maydoniga qanchalik yaqin tursa, uning organizmi shunchalik kuchli shikastlanadi. Shikastlanish oqibati tokning kattaligi va kuchlanishiga, uning ta'sir etish vaqtiga, tok o'tish yo'liga va inson sog'ligining holatiga bog'liqdir.

Yurak va sil kasalliklari bilan og'rigan kishilarga tokdan shikastlanish ayniqsa xavflidir.

Yuqori kuchlanishli (masalan, elektrofiltrlarda) tokdan shikastlanish juda xavfli bo'lib, o'limga olib kelishi mumkin.

Elektr tokidan shikastlanishni oldini olish uchun sulfat kislotasi ishlab chiqarishda ishlaydigan har bir xodim xavfsizlik texnikasi qoidalarini bilishi va unga qat'iy rioya etishi lozimdir, xususan, tok bo'lgan ochiq simlarni himoyalannagan qo'l bilan ushlamaslik, elektr yoritgichlari va elektrodvigatellarni o'z bilganicha ta'mirlamaslik (bu ishlarni navbatchi elektromontyorlar bajaradi) kerak, elektrodvigatellarni o'chirish va yoqish maxsus qo'lqoplar kiyib olingan holda amalga oshiriladi. Elektr tokini o'chirmasdan elektrofiltrlar binolariga kirish va u yerda qandaydir ta'mirlar o'tkazish qat'iy taqiqlanadi. Jihozlar va yuqori kuchlanishli simlar joylashgan binolar (shinali koridor, taqsimlash punkti va izolyatorlar) da hamma eshiklar yopiq bo'lishi kerak va eshiklar ochilganda kuchlanishni uzib qo'yadigan blokirovkalar o'rnatilishi kerak.

Elektr toki bilan shikastlanganda zudlik bilan jabrlanuvchini tok ta'siridan ajratish (jabrlanuvchi tegib turgan tarmoqni uzish yoki uni tok o'tkazuvchi simdan ajratib olish) kerak. Bunda shuni doimo nazarda tutish kerakki, jabrlanuvchi tok ta'siri ostida turadi va unga yordam beradigan inson uchun ham tok bilan shikastlanishida birinchi manba bo'lishi mumkin. Yordam beruvchi kishi rezina qo'lqop va etik kiyishi yoki hech bo'lmaganda qo'lni quruq tok o'tkazmaydigan mato bilan o'rab olishi, quruq taxta ustiga chiqib olishi kerak. Jabrlanuvchi simdan ajratib olingandan keyin sun'iy nafas oldirilishi va zudlik bilan shifokor chaqirilishi kerak.

Sulfat kislota ishlab chiqarishda yong'in uchun havfli moddalar ishlatilmaydi, shu sababli sulfat kislota sexlarida odatdagi yong'inga qarshi qoidalariga rioya etilishi kerak.

Mehnat xavfsizligi qoidalari. Sulfat kislota sexlarida meditsina ko'rigidan o'tgan va ushbu ishlab chiqarish uchun o'rnatilgan texnik minimumlarni topshirgan shaxslarigina ishlashiga ruhsat etiladi. Texnika xavfsizligi bo'yicha yo'riqnoma har bir ish o'rini uchun ishlab chiqilishi kerak.

Barcha xizmatchilar uchun texnika xavfsizligini bilishini nazorat qilish va yo'l-yo'riqlar ko'rsatish yarim yilda kamida bir marta o'tkaziladi.

Ishlatiladigan maxsus kiyimlar belgilangan me'yorlarga mos kelishi kerak; ishga kirishishda o'zi bilan himoya vositalari (protivogaz, maxsus ko'zoynak, rezina qo'lqoplar) bo'lishi kerak. To'siqlar bo'lmaganda jihozlar qismlari harakatlanadigan joylar yaqinida ishlash man etiladi.

Odamlar o'tadigan joylarda kislota quvurlarining flaneslari (birlashtirgichlari) ga himoya g'illoflari o'rnatilishi kerak.

Jihozlarni sovuqda ta'mirlash, shuningdek bosim ostidagi kislota, havo va gaz jihozlarini ta'mirlash taqiqlanadi. Jihoz va quvurlarni ta'mirlashdan oldin ular albatta yuvilishi, quritilishi kerak, kislota qoldiqlari ohak bilan neytrallanishi lozimdir.

Namunalar olishda va kislotalarni quyishda himoya ko'zoynaklari taqib olinishi va rezina qo'lqop kiyilishi kerak. Kislotani suv bilan suyultirishda suvga kislota (*aksincha emas!*) quyiladi. To'kilib ketgan kislotani yuvib tashlanadi, kislota to'kilgan joy ohak bilan neytrallanadi.

Kislota quvurlarini, shuningdek kislotali jihoz va idishlarni nazorat qilishda himoya ko'zoynaklari taqib olish va rezina qo'lqoplari kiyib olish kerak.

Binolarga zaharli gazlar ajralib chiqqanda zudlik bilan protivogaz kiyiladi.

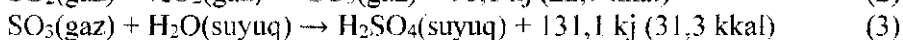
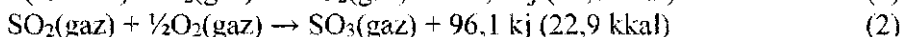
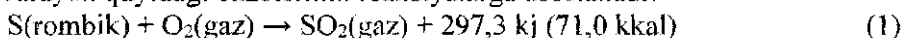
12 v dan yuqori kuchlanishli elektr lampochkalari uzaytirgichlaridan foydalanish taqiqlanadi, lampochka uzaytirgichlari va shnurlari muhofazalangan va quruq bo'lishi kerak. Elektrodvigatellarni o'chirish va yoqish faqatgina yaroqli rezina qo'lqoplarida amalga oshiriladi.

Sulfat kislota sexlaridagi barcha xizmatchilar o'z-o'ziga va bir-biriga birinchi tibbiy yordami ko'rsatish uchun o'qitilgan bo'lishi kerak.

4§. Sulfat kislota ishlab chiqarishda kimyoviy energiyadan foydalanish

Sulfat kislota ishlab chiqarish asosidagi barcha reaksiyalar issiqlik ajralib chiqishi bilan sodir bo'ladi. Bu issiqlikdan foydalanish nafaqat ishlab chiqarishning o'ziga bog'liq barcha energetik sarfini qamrab oladi, balki bu energiyaning bir qismini energetik bug' yoki elektroenergiyaga aylantirishga berilishi mumkin, ya'ni sulfat kislota ishlab chiqarishni energo-texnologik ishlab chiqarish darajasiga ko'tarish mumkin.

Bunday ishlab chiqarishni tashkil etish imkoniyatini oltingugurtdan kontakt usulida sulfat kislota ishlab chiqarish misolida ko'rib chiqamiz. Jarayon quyidagi ekzotermik reaksiyalarga asoslanadi:



7.1-jadvalda ishlab chiqarishda boradigan jarayonlarni tavsiflaydigan va 1 t sulfat kislota olish hisobiga to'g'ri keladigan ma'lumotlar keltirilgan. Bunda kolchedan va vodorod sulfiddan sulfat kislota olishdagi shunday ma'lumotlar ham keltirib o'tilgan.

450°C harorat va 4 MPa bosimdagi energetik bug'ning issiqlik miqdori 3330 kJ/kg (0,795 Gkal/t) ni tashkil etadi, shuning uchun bu kattalikka muvofiq 1 t mahsulot sulfat kislotasidan olinadigan bug'ning nazariy miqdori 7.1-jadvalda keltirilgan.

7.1-jadval

Turli xil xomashyolardan 1 t sulfat kislota olishda ajralib chiqadigan issiqlik miqdori

Jarayonlar	Oltinugurt		Kolchedan	Sulfid angidrid
	mln kJ	%		
Xomashyoni yondirish	3,03 [(1) reaksiya]	55,1	4,35	5,29
SO ₂ ni SO ₃ ga oksidlash	0,98 [(2) reaksiya]	17,8	0,98	0,98
H ₂ SO ₄ ning hosil bo'lishi	1,34 [(3) reaksiya]	24,4	1,34	1,34
93% H ₂ SO ₄ gacha suyultirish	0,15	2,7	0,15	0,15
Jami	5,50	100,0		
Olinadigan bug'ning nazariy olish mumkin bo'lgan miqdori, t	1,65		6,82	7,76

Amalda esa tevarak atrof muhitga issiqlikning yo'qotilishi, shuningdek, SO₃ absorbsiyasida ajraladigan barcha issiqlik keyingi bosqichda absorberlarga taqsimlanadigan sulfat kislotani sovushida yo'qoladi. Buni absorbsiya jarayonini nisbatan past harorat – 70°C da

amalga oshirilishi, bunda issiqlikdan foydalanish iqtisodiy jihatdan maqbul emasligi bilan tushuntiriladi. Shuning uchun bu energiyadan nafaqat foydalanilmaydi, balki sovituvchi suv tarzida qo'shimcha energiya sarflanganligi sababli tizimdan chiqarib yuborilmaydi.

Ishlab turgan sulfat kislota qurilmalarida ishlatiladigan issiqlik miqdori yo'qotilgan issiqlik bilan aniqlanadi, uning miqdori ishlab chiqarish texnologik tizimi va jarayonlar ko'rsatkichlariga bog'liqdir. Masalan, 4.25-rasmda tasvirlangan tizim bo'yicha ishlaydigan ishlab chiqarish uchun yo'qotiladigan issiqlik miqdori Q_1 quyidagi tenglama bo'yicha aniqlanadi:

$$Q_n = Q_1 + Q_2 \quad (4)$$

bu yerda: Q_1 – sulfat kislota hosil bo'lishida ajralib chiqadigan issiqlik miqdori, 1,34 mln kJ/t (7.1-jadval); Q_2 – 1- va 2- absorberlarga beriladigan gazni sovitishda ajralib chiqadigan issiqlik miqdori, mln kJ/t.

$$Q_2 = Vc\Delta t_1 + Vc\Delta t_2 = Vc(\Delta t_1 - \Delta t_2) \quad (5)$$

V – absorberga kiradigan gaz hajmi, 2230 m³/t; c – gazning issiqlik sig'imi, 1,38 kJ/(m³·°C); Δt_1 – gazning 1-absorberga kirishida va undan chiqishidagi haroratlari farqi ($\Delta t_1 = 230 - 70 = 160^\circ\text{C}$); Δt_2 – gazning 2-absorberga kirishidagi va tizimga kiradigan havo haroratlari o'rtasidagi farq ($\Delta t_2 = 195 - 20 = 175^\circ\text{C}$).

Ko'rsatkichlar qiymatlarini (4) va (5) tenglamalarga qo'yib,:

$$Q_n = 1,34 + 2230 \cdot 1,38 \cdot (160 + 175) \cdot 10^{-3} = 2,37 \text{ mln kJ/t ni topamiz.}$$

Shunday qilib, oltingugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarishda issiqlikdan foydalanishning nazariy mumkin bo'lgan darajasi:

$$\alpha = \frac{5,35 - 2,37}{5,35} \cdot 100 = 55,7\%$$

bo'ladi, ya'ni olinadigan bug' miqdori taxminan 1 tonna/tonnani tashkil etadi.

Korxonalaridan energetik bug'ni mahsulot sifatida chiqarish nisbatan kam ulushni tashkil etadi va u ko'pgina zavodlarda 0,5-0,6 t/t ni tashkil etadi, chunki olinadigan bug'ning anchagina katta miqdori oltingugurt filtrlarini hamda ifloslangan va toza oltingugurt va vodorod sulfid rezervuarlarini qizdirishga sarflanadi.

Kolchedandan sulfat kislota ishlab chiqarishda ajralib chiqadigan issiqlik miqdori anchagina katta miqdorda bo'ladi, lekin undan foydalanish darajasi oltingugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarishdagiga nisbatan anchagina past bo'ladi. Kolchedan bilan ishlaganda issiqlikning katta miqdori nafaqat SO₃ absorbsiyasida, balki nisbatan past haroratda amalga oshiriladigan gazlarni maxsus tozalashda yo'qotiladi. Bunda gaz 400°C

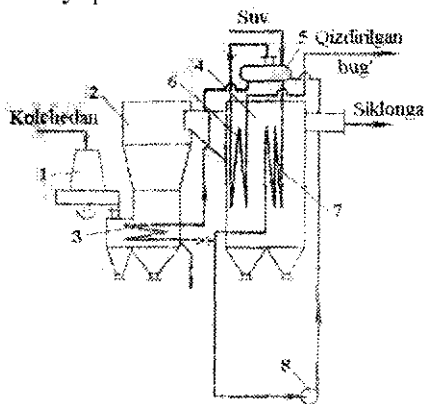
dan 50°C gacha sovitiladi. Ishlatiladigan issiqlik jarayondan qaynovchi qatlam pechida va qozon-utilizatorida (7.11-rasm) chiqarib olinadi, u yerda ajralib chiqadigan umumiy issiqlikning (7.12-rasm) taxminan 50% miqdori ishlatiladi, undan energetik bug' olinadi:

$$P = \frac{6,82 \cdot 0,5}{3,33} = 1,0 \text{ t/t}$$

Alohida holatlarda absorbsiya bo'linmasida issiq suv tarzida ajratib olinadigan issiqlikdan qisman binolarni isitishda, shuningdek, maishiy va sanoat ishlab chiqarish maqsadlari uchun ishlatiladi.

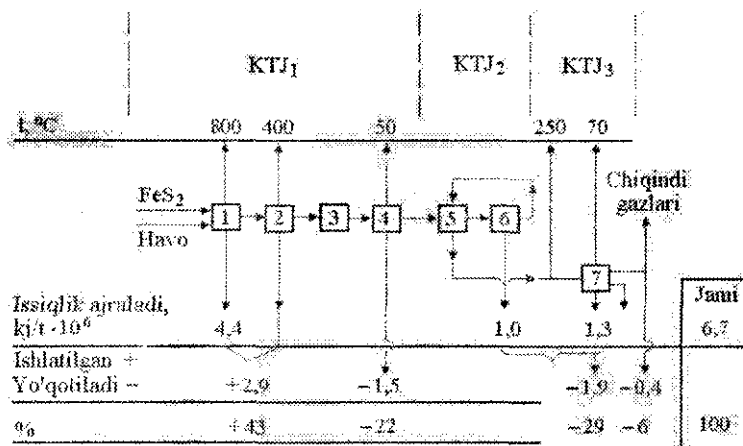
7.13-rasmda Lurgi firmasi (Germaniya) tomonidan yaratilgan qo'shaloq kontaktlanish usulida oltingugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarish sxemasi keltirilgan. Bu sxema bo'yicha SO₃ ni oraliq absorbsiyasi yuqori haroratda amalga oshirilishi orqali issiqlikdan foydalanishning yuqori darajasiga erishiladi; quruq chiqindi gazlari (oxirgi absorberdan so'ng) issiqligidan absorbsiya bo'linmasi kislota bilan oldindan isitilgan quyi konsentratsiyali ishlatilgan chiqindi sulfat kislota konsentrlashda foydalaniladi.

Oraliq absorber (12) to'ldirgichli skrubber minorasi bilan biriktirilgan Venturi quvuri ko'rinishida bo'ladi (7.13-rasm). Taqsimlanadigan kislota Venturi quvurining quyiladigan joyida hamda Venturi quvuri bilan skrubber minorasi biriktiriladigan gaz o'tish joyida sachratiladi. Bunda kislotaning mayda tomchilari gaz oqimi bilan qo'shiladi va minora to'ldirgichlarini namlaydi, bunda minoraga kislota taqsimlash kerak bo'lmay qoladi.



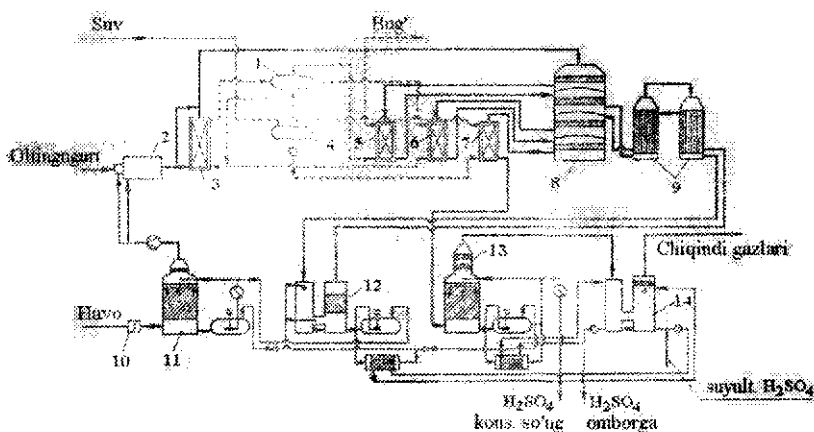
7.11-rasm. Qozon-utilizator qurilmasining sxemasi:

1-bunker-ta'minlagich; 2-qaynovchi qatlam pechi; 3-sovutish elementlari; 4-qozon-utilizator; 5-baraban-separator; 6-bug'li qizdirgich; 7- sovutish elementlari; 8-sirkulyatsiya nasosi.



7.12-rasm. Flotatsiyali kolchedandan sulfat kislota ishlab chiqarishda reaksiya issiqligidan foydalanish:

1-flotatsiyali kolchedanni kuydirish va kuyindi gazi olish; 2-qozon-utilizatorida gazni sovitish; 3-gazni changdan tozalash; 4-gazni yuvish va quritish; 5-gazni qizdirish; 6-katalizatorida SO₂ ni SO₃ ga oksidlash; 7-sulfat kislota hosil qilish bilan SO₃ ni absorbsiyalash (KTJ₁ – SO₂ olish; KTJ₂ – SO₂ ni SO₃ ga oksidlash; KTJ₃ – H₂SO₄ olish).



7.13-rasm. Ishlatilgan chiqindi sulfat kislota konsentrlash uchun issiqlikdan foydalanish yo'li bilan sulfat kislota ishlab chiqarish sxemasi:

1-bug' harabani; 2-oltingugurtni yoqish uchun pech; 3- qozon-utilizator; 4-qozon uchun suvni ta'minlash sig'imi; 5-bug' qizdirgich; 6-bug'latgich; 7-ekonomayzer; 8-kontakt jihozi; 9-gazning issiqlik almashtirgichi; 10-havo filtri; 11-quritish minorasi; 12-oraliq absorber; 13-oxirgi absorber; 14-konsentrlash tarmog'i.

Oraliq absorber uchun taqsimlashga beriladigan kislota harorati 80°C atrofida bo'ladi, ammo uni shunday miqdorda beriladiki, bunda gazning haroratini absorberdan chiqishda $120\text{-}140^{\circ}\text{C}$ darajasida ushlab turiladi. Shunday texnologik tartib sababli issiqlik almashtirgichlarda (9) gazni qizdirish osonlashadi.

Konsentrlash uchun beriladigan ishlatilgan chiqindi sulfat kislota absorberlardan chiqadigan kislota ni sovishi hisobiga issiqlik almashtirgichlarda qizdiriladi, so'ngra konsentrlash uchun jihozga (14) yuboriladi, bu qurilmaning tuzilishi oraliq absorberga (12) o'xshaydi. Oxirgi absorberdan (13) chiqadigan gaz jihozning (14) Venturi quvuriga yuboriladi; bu gaz tarkibida suv bug'i bo'lmaydi, shuning uchun uning qizdirilgan chiqindi sulfat kislota tomchilari bilan to'qnashishi natijasida kislota eritmasining bug'lanishi sodir bo'ladi.

Jarayonning bunday tizimi oxirgi absorberdan chiqadigan gazlar issiqligidan katta miqdorda foydalanishni ta'minlaydi.

7.13-rasmda qozon-utilizator (3) va issiqlik almashtirgich o'rtasida suv va bug'ning sirkulyatsiyasi hisobiga mahsulot sifatida qizdirilgan bug' ishlab chiqaradigan shunday sxema ko'rsatilgan.

Nazorat uchun savollar

1. Ishlab chiqarishdagi nazoratlar qanday tashkil etiladi?
2. Haroratni qanday asboblarda yordamida o'lchanadi? Ularning ishlash prinsipini tushuntiring.
3. Bosim va vakuumni qanday asboblarda yordamida o'lchanadi? Ularning ishlash prinsipini tushuntiring.
4. Sarflanadigan materiallarni qanday asboblarda yordamida o'lchanadi? Ularning ishlash prinsipini tushuntiring.
5. Kolchedan va kuyundi tahlili qanday amalga oshiriladi?
6. Kislota tahlili qanday amalga oshiriladi?
7. Gazlar tarkibidagi qanday komponentlar aniqlanadi? Ularni aniqlash usullarini ayting.
8. Nima uchun jarayonlarni avtomatik boshqarish tizimi ishlatiladi?
9. Kolchedan kuydirilishini avtomatik boshqarish qanday amalga oshiriladi?
10. Kuyundi gaz yuvilishini avtomatik boshqarish qanday amalga oshiriladi?
11. Absorbsiya-quritish bo'linmasini avtomatlashtirishni tashkil etishni tushuntiring.

12. Kontakt bo'linmasini avtomatlashtirish qanday amalga oshiriladi?
13. Kontaktli sulfat kislota ishlab chiqarishni kompleks avtomatlashtirish jarayonini tushuntiring.
14. Avtomatik boshqaruv sexlari qanday barpo etiladi?
15. Sulfit angidridning qanday zararli ta'sirini bilasiz?
16. Sulfat angidridning qanday zararli ta'sirini bilasiz?
17. Azot oksidlarining qanday zararli ta'sirini bilasiz?
18. Sulfat kislotaning qanday zararli ta'sirini bilasiz?
19. Vodorod sulfitning qanday zararli ta'sirini bilasiz?
20. Elektr toki bilan ishlashda qanday ehtiyot choralarini ko'rish kerak?
21. Mehnat xavfsizligi qoidalarini tushuntiring.

VIII-bob

NITRAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISH NAZARIYASI VA TEXNOLOGIK HISOBLARI

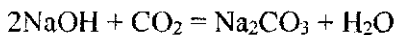
1-§. Havodan azot va kislorod olish

Havo yerning gaz holatdagi qobig'i – atmosferasida bo'ladigan gazlarning mexanik aralashmasidir. yer sirti quruq havosining tarkibiga 78% azot, 21% kislorod va 1% argon kiradi. Havodagi suv bug'ining miqdori 0,% dan 2% gacha o'zgaradi. Bundan tashqari, havoda oz miqdorda karbonat angidrid, vodorod, neon, kripton va boshqalar bo'ladi.

Havo tarkibiga kiruvchi gazlar xalq xo'jaligida keng ko'lamda ishlatiladi. Masalan, azot inert atmosfera hosil qilish uchun, kalsiy sianamid olish uchun va shunga o'xshash ishlarda ishlatiladi. Kisloroddan ko'pgina sanoatlar oksidlash jarayonlarida, payvandlashda, metallurgiya sanoati va xokazolarda foydalaniladi. Inert gazlar elektrolampalarda to'ldirgich sifatida va boshqa sohalarda ishlatiladi.

Havoni tarkibiy qismlarga ajratish havo tarkibiga kiruvchi alohida olingan gazlar qaynash haroratlarining farqlanishiga asoslangandir. Masalan, kislorod $-182,9^{\circ}\text{C}$ da, argon $-185,7^{\circ}\text{C}$ da, azot $-195,7^{\circ}\text{C}$ da qaynaydi. Havoni ajratish uchun dastlab qisiladi, ya'ni azotning qaynash haroratidan past haroratgacha sovutish orqali suyuq holatga o'tkaziladi. so'ngra rektifikatsiya minoralarida bug'latiladi, u yerda havoni ajratish amalga oshiriladi. Havoni azot va kislorodga ajratish uchta asosiy bosqichdan iboratdir: tozalash va quritish, qisish va rektifikatsiya.

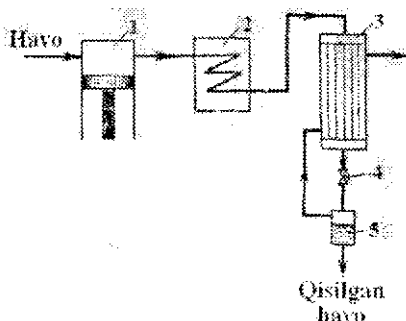
Havoni tozalash va quritish. Qisish va ajratishga beriladigan havo sovutilganda hosil bo'ladigan qattiq zarrachalar (muz, qattiq karbonat kislota, chang) issiqlik almashtirgichlarda tiqilib qolmasligi uchun oldindan chang, suv bug'lari va CO_2 dan tozalanadi. Havo changdan moyli filtr orqali o'tkazish yo'li bilan tozalanadi. Moyli filtr kolonka ko'rinishida bo'lib, unga sirti mineral moylar bilan qoplangan metall halqalar to'ldirilgan bo'ladi. Havoni karbonat angidriddan tozalash uchun o'yuvchi natriy eritmasiga yuttiriladi:



Havo suv bug'idan qattiq adsorbentlar (silikagel, alyumogel kabilar) yoki o'yuvchi natriy to'ldirilgan adsorberlarda tozalanadi.

Qattiq sovutish bilan havoni siqish. Qattiq sovutish bilan havoni siqish sanoatda ikki yo'l bilan amalga oshiriladi:

- Tor tirqishdan katta hajmga o'tkazish orqali qisilgan havoni o'z-o'zicha kengayishi yo'li bilan amalga oshiriladi, bu drossellash deb ataladi. Drossellash asosan ventillar yordamida amalga oshiriladi. Drossellashda havoni sovushi real gazlar kengayishida bir qism ichki energiyaning molekulalar orasidagi tortilish kuchlarini yengishga sarflanishi tufayli yuzaga keladi va bunda gaz soviydi. Agar qisilgan havo ozgina sovutilsa, so'ngra bosimi pasaytirilsa, uning harorati yanada pasayadi. Masalan, agar havo 50 atm gacha qisilgan va oldindan -50°C gacha sovutilgan bo'lsa, uning o'z-o'zicha kengayishidan termohimoya hajmdagi havo harorati -72°C gacha pasayadi. Drossellash qurilmasining prinsipial sxemasi 8.1-rasmda ko'rsatilgan. Havo kompressor (1) bilan qisiladi, so'ngra sovutgichda (2) sovutiladi. Qisilgan havo qarama-qarshi oqimli issiqlik almashtirgich (3) orqali o'tadi, ventil (4) bilan drossellanadi, buning natijasida havoning bosimi pasayadi va u soviydi. Bunda bir qism havo qisiladi, qisilgan havo qismi esa qarama-qarshi oqimli issiqlik almashtirgichga yuboriladi, u yerda kelayotgan qisilgan havoning sovishi sodir bo'ladi. Suyuq havo separatorida (5) yig'iladi.

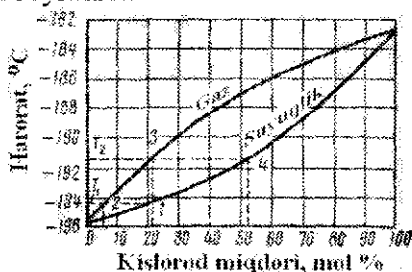


8.1-rasm. Havoni qisish qurilmasining sxemasi.

-Tashqi ish bajarish bilan qisilgan gazning kengayishida sovish effektidan foydalanishga asoslangan usulda qisilgan havo bug' mashinasiga o'xshash mashinaga beriladi. Unda havo bir vaqtda kengayish va sovish bilan porshenni surish yoki trubinani aylantirish kabi ishlarni bajaradi.

Suyuq havoni rektifikatsiyalash. Havoni rektifikatsiyalashdan maqsad, yuqoridagi usullardan biri biri bo'yicha olingan suyuq havoni komponentlarga ajratishdir.

Suyuq azot va suyuq kislorod har qanday nisbatda aralashadi. Suyuqliklar aralashmasining qaynash harorati va gaz fazasining tarkibi aralashma tarkibiga bog'liqdir. Aralashmada past qaynash haroratli komponent azot qanchalik ko'p bo'lsa, aralashmaning qaynash harorati ham shunchalik past bo'ladi. Suyuq aralashma bilan muvozanatda bo'lgan bug'da bu komponentning miqdori ko'p bo'ladi. 8.2-rasmda 1 atm (760 mm sim. ust.) bosimdagi azot-kislorod aralashmasining muvozanatli qaynash egri chiziqlari tasvirlangan. Tarkibida 20,9% kislorod va 79,1% azot bo'lgan suyuq havo (soddalashtirish uchun ikki komponent olingan) $t_1 = -194,3^{\circ}\text{C}$ (1-nuqtada) qaynaydi. Suyuqlik ustidagi gaz fazasi azot bilan boyigan bo'ladi, 2-nuqtauning tarkibiga to'g'ri keladi. Bunda suyuqlik kislorod bilan boyiydi va uning qaynash harorati ortadi. Agar t_2 haroratda yuqori qaynash haroratli fraksiya kondensatsiyalansa, hosil bo'ladigan suyuqlik tarkibi 4-nuqtaga muvofiq keladi, ya'ni suyuqlik kislorod bilan boyiydi, gaz fazasi tarkibi esa 3-nuqtaga muvofiq keladi. Shunday qilib, gaz fazasi azot bilan boyitiladi.

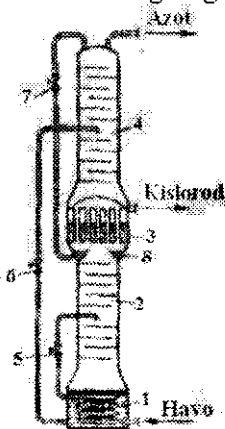


8.2-rasm. Azot-kislorod sistemi uchun muvozanat diagrammasi.

Havoni ajratish uchun bir va ikki marta rektifikatsiyalashli jihozlar ishlatiladi. Bir marta rektifikatsiyalashli minoralarda tarkibida 7% O_2 bo'lgan azot olinadi. Ikki marta rektifikatsiyalashli jihoz yuqori va quyi minoralardan tuzilgan (8.3-rasm). Quyi minora (2) havoni azot va havo-kislorod aralashmasiga dastlabki ajratish uchun xizmat qiladi. Yuqori kolonnada (4) gazlar aralashmasini azot va kislorodga oxirgi ajratish sodir bo'ladi. Quyi minorada yuqori bosim (5,5-6,5 atm), yuqori minorada esa atmosfera bosimiga yaqin bosim ushlab turiladi. Yuqori va quyi minoralar orasida bug'latgich-kondensator (3) joylashgan bo'ladi. U yuqori minora

uchun kislorodni bug'latgich, quyi minora uchun esa azot kondensatori vazifasini o'taydi.

Ikki qaytali rektifikatsiya jihozi quyidagicha ishlaydi. Issiqlik almashtirgichda oldindan $145-150^{\circ}\text{K}$ gacha sovutilgan va $120-200$ atm bosimgacha siqilgan havo quyi minorada joylashgan o'ramli quvurga beriladi. Siqilgan havo u yerda qaynovchi havo-kislorod aralashmasi hisobiga 110°K haroratgacha soviydi. So'ngra havo drossellanadi va mazkur minora o'rta tokchalariga beriladi. Azot bilan boyigan bug' yuqoriga ko'tariladi, bug'latgichda kondensatsiyalanadi. Kislorod bilan boyigan suyuqlik pastga oqib tushadi. Quyi kolonnaning cho'ntaklarida (8) suyuqlik yig'iladi, undagi azot miqdori $98-99,5\%$ ga yetadi. Shu yerdan suyuq azotning bir qismi pastga oqib tushadi, bir qismi esa yuqori minorani sug'orishga beriladi. Tarkibida taxminan 40% kislorod bo'lgan havo-kislorod aralashmasi quyi minoradan yuqori minoraning o'rta qismiga beriladi. Pastga oqib tushishi hisobiga suyuqlik kislorod bilan boyiydi, ko'tarilayotgan azot bug'lari esa yuqoridan oqib tushayotgan suyuq azot bilan kisloroddan tozalanadi. Toza azot yuqori minoradan ajratib olinadi, gaz holatdagi kislorod bug'latgich ustidan ajratib olinadi.



8.3-rasm. Ikki qaytali rektifikatsiyalash orqali havoni ajratish jihozining sxemasi:

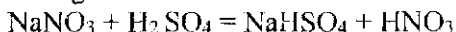
1-minora sig'imi; 2-quyi minora; 3-kondensator-bug'latgich; 4-yuqori minora; 5,6,7-drossel jo'mragi; 8-cho'ntak.

Yirik zamonaviy havoni ajratish qurilmasining quvvati $3000-17000$ m^3/soat azotni tashkil etadi. Elektr energiyasi sarfi esa $0,09-0,16$ $\text{kvt}\cdot\text{soat}/\text{m}^3 \text{N}_2$ ni tashkil qiladi.

2-§. Atmosfera azotini bog'lash usullari

Azot jonli tabiat va inson hayoti uchun muhim rol o'ynaydigan elementlar guruhiga kiradi. Azot uglerod, kislorod va vodorod bilan bir qatorda o'simlik va tirik organizmlar tarkibiga kiruvchi asosiy elementlardan hisoblanadi. U asosiy biokimyoviy jarayonlarda qatnashadi, ozuqa moddalari va oziq-ovqat mahsulotlari tarkibiga kiradi. Lekin, yer atmosferasida azotning katta zaxirasi bo'lishiga qaramay, o'simliklarga ko'pincha «azot ozuqasi» yetishmasligi kuzatiladi, chunki o'simliklarga havo azotidan juda oz miqdorda o'zlashadi.

Yer qatlamining 0,04% miqdorini azot tashkil etadi, atmosfera havosining 78% miqdori azotdan iboratdir. Azot qattiq yoqilg'ilar (toshko'mir va torf) tarkibida 1-2% miqdorda bo'ladi. Azot sanoatda keng miqyosda ishlatiladigan azotli noorganik qazilma boyliklar holatida faqat Chilida (Janubiy Amerika) va Mariyentaldagina (Janubiy-G'arbiy Afrika) bor xolos. Natriyli selitra XX asrning boshlarigacha xalq xo'jaligining turli tarmoqlari uchun zarur bo'lgan azotli birikmalar olishda yagona tabiiy xomashyo bo'lib hisoblangan. Bunda Chili selitrasi, asosan nitrat kislota olish uchun qayta ishlangan:



Toshko'mirni quruq haydashda ajralib chiqqan azot suv yoki kislotaga yuttirilib (absorbsiyalanib), keyinchalik azotning boshqa birikmalarini olishda xomashyo sifatida ishlatilgan.

Molekulyar azot boshqa elementlar bilan juda qiyinchilik bilan birikadi. Azotning bu xossasi molekuladagi atomlarning mustahkam bog'langanligi tufayli yuzaga keladi va bu bog'lovchi orbitallarda oltita elektron (har bir atomdan uchadan elektron) qatnashishi bilan izohlanadi. Shuning uchun azot molekulasining dissotsilanish energiyasi juda yuqori (225 kkal/mol) bo'ladi.

O'simliklar azotni tuproqdagi ammoniy va nitrat tuzlaridan o'zlashtiradi. Tuproqda bu birikmalar azotli organik birikmalarning chirishi hamda maxsus mikroorganizmlar tomonidan atmosfera azotini biologik fiksatsiyasi natijasida hosil bo'ladi. Atmosfera havosida chaqqoq chaqqanda ham azot kislorod bilan birikadi. Qishloq xo'jaligi tez sur'atda rivojlanib bormoqda, shu tufayli bunday yo'l bilan o'simliklarni bog'langan azot bilan ta'minlab bo'lmaydi. Shuning uchun qishloq xo'jaligida sun'iy azotli o'g'itlardan foydalaniladi hamda sanoatda ishlab chiqarilayotgan azot birikmalarining ko'p qismi o'g'it ishlab chiqarishga sarflanadi.

Sanoatda atmosfera azotini bog'lashning bir necha usullari mavjud: atmosfera azotini elektr yoyida oksidlash (yoy usuli); kalsiy karbiddan kalsiy sianamid olish (sianamid usuli); elementlardan ammiak sintez qilish (ammiakli usul). Ular orasida eng iqtisodiy samarador usul ammiak sintezidir va hozirgi paytda bog'langan azotning 95% miqdori shu usul bilan olinadi.

Yoy usuli. Bu usulning mohiyati yuqori haroratda (elektr yoyi alangasida) azot elementining havo kislorodi bilan birikib, NO hosil qilishidir:



Bu jarayon yuqori haroratda boradi. Bunda NO juda oz va tez hosil bo'ladi. 2000°C haroratda muvozanat bir daqiqada qaror topadi.

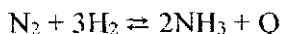
Hosil bo'lgan NO dissotsilanib ketmasligi uchun uni tezda reaksiya zonasidan chiqarib, sovitish kerak. So'ngra uni NO₂ gacha oksidlab, suvda eritib nitrat kislota yoki kalsiyli selitra holiga o'tkazish kerak. Bunday usul bilan 1 tonna azotli birikma olish uchun 60000 kvt/soat energiya sarf bo'ladi. Yoy usuli iqtisodiy jihatdan ancha qimmat bo'lgani uchun deyarli qo'llanilmaydi.

Sianamid usuli. Bu usul maydalangan kalsiy karbidning yuqori haroratda (1000°C atrofida) azot bilan reaksiyaga kirishib, kalsiy sianamid hosil qilishdan iborat:



Bunda reaksiya natijasida hosil bo'lgan sianamid (azotning miqdori 18-20 %) qishloq xo'jaligida, kimyo sanoatida va rangli metallurgiyada ko'p ishlatiladi. Bu usul bilan 1 t birikma holida azot olish uchun 10-12 ming kvt/soat energiya sarf bo'ladi. Hozir bu usul ham sanoatda tobora kam qo'llanilmoqda.

Ammiak usuli. Bu usul bilan atmosfera azotini birikma holiga o'tkazish ancha afzalliklarga ega. Bu usul bilan bir tonna azotli birikma hosil qilishda sarf qilingan energiya yoy va sianamid usullarida sarf qilingan energiyadan kam. Ammiak usulida jarayon quyidagi reaksiya bo'yicha boradi:



Ammiak NH₃ – normal bosim va haroratda rangsiz va o'tkir hidli gaz. Suyuq ammiak – rangsiz suyuqlik bo'lib, -33,4°C da qaynaydi. Ammiak qaytaruvchi xossani namoyon qiladi, suvda yaxshi eriydi va ammoniy gidroksid (NH₄OH) hosil qiladi. Ammiakning suvdagi 25% li eritmasi ammiakli suv yoki novshadil spirt nomi bilan yuritiladi. Ammiak o'g'it

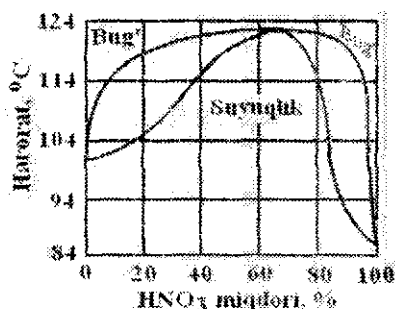
sifatida ishlatiladi, u tuproqqa suyuq holatda beriladi, shuningdek ammiakdan sovutgichlarda, metallurgiya sanoatida, plastmassalar, fotografiya materiallari preparatlari va boshqalar ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

Ammiakning ko'p qismi turli xil azot tutgan o'g'itlar va nitrat kislota ishlab chiqarishda qayta ishlanadi. ulardan kimyo sanoatida ham, xalq xo'jaligining boshqa tarmoqlarida ham keng miqyosda foydalaniladi.

3-§. Nitrat kislota ishlab chiqarish

Nitrat kislota – muhim mineral kislotalardan biri hisoblanadi. Suvsiz nitrat kislota HNO_3 zichligi $1,52 \text{ g/sm}^3$ (15°C da) bo'lgan og'ir suyuqlik bo'lib, havoda tutaydi. U -47°C haroratda muzlaydi va 86°C da qaynaydi. Kislota qaynaganda qisman u azot(IV)-oksidi hosil qilish bilan parchalanadi. Ajralib chiqadigan azot(IV)-oksidi kaslotada eriydi va kislota sarg'ish yoki qizg'ish rangga (NO_2 miqdoriga muvofiq) bo'yaydi.

Nitrat kislota suv bilan har qanday nisbatda aralashadi va gidratlar ($\text{HNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{HNO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ va hokazo) hosil qiladi. Suyultirilgan nitrat kislota bug'latilganda uning miqdori eritmada $121,9^\circ\text{C}$ haroratda qaynaydigan azeotrop aralashmaga muvofiq keladigan konsentratsiyagacha (68,4%) ortadi (8.4-rasm).



8.4-rasm. $\text{H}_2\text{O}-\text{HNO}_3$ sistema uchun muvozanat diagrammasi.

Nitrat kislota – kuchli oksidlovchi. Konsentrlangan nitrat kislota metallarning ko'p qismini ularga muvofiq keladigan oksidlar va nitratlarga aylantiradi. Ayrim metallar, masalan Al, Fe, Cr nitrat kislota bilan ta'sirlashganda metall sirtida kislota ta'siriga chidamli oksid qatlamlari hosil qiladi.

Ko'pgina organik birikmalar nitrat kislota ta'sirida parchalanadi, ulardan ayrimlari konsentrlangan nitrat kislota yonishi ham mumkin.

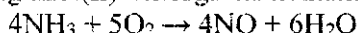
Konsentrlangan nitrat kislota siklik organik birikmalar bilan ta'sirlashganda ulardagi vodorod atomlari o'rinni nitroguruh oladi va nitroorganik birikmalar hosil qiladi. Hidroksil guruhli organik birikmalar bilan HNO_3 efirlar hosil qiladi.

Nitrat kislota sanoatda ham, xalq xo'jaligining boshqa tarmoqlarida ham keng ko'lamda ishlatiladi. Ishlab chiqarish hajmi bo'yicha u sulfat kislota dan keyingi ikkinchi o'rinni egallaydi. Ishlab chiqariladigan nitrat kislota ning ko'p qismi o'g'itlar, portlovchi moddalar, raketa yoqilg'ilari ishlab chiqarishga sarflanadi. Bundan tashqari u sulfat kislota (nitroza usuli), sintetik bo'yoqlar, turli xil plastmassalar, nitrosellyuloza, sintetik tolalar va x.k. ishlab chiqarishda ishlatiladi.

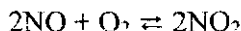
Sanoatda uch xil navdagi suyultirilgan (kuchsiz – 45-55% HNO_3) va ikki navdagi konsentrlangan (97-98% HNO_3) nitrat kislota ishlab chiqariladi.

Ammiakdan suyultirilgan nitrat kislota olish jarayoni quyidagi reaksiyalarga asoslangan:

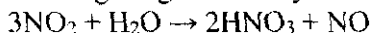
- 1) Ammiakning azot(II)-oksidgacha kontaktli oksidlanishi:



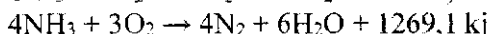
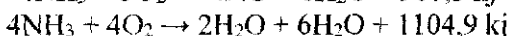
- 2) Azot(II)-oksidning azot(IV)-oksidgacha oksidlanishi:



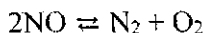
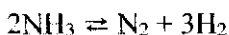
- 3) Azot(IV)-oksidning suvga absorbsiyasi:



Ammiakning kontaktli oksidlanishi. Ammiakning kontaktli oksidlanishi – ekzotermik jarayon bo'lib, jarayonni o'tkazish sharoitiga bog'liq holda ammiak va kislorod orasida quyidagi parallel reaksiyalar sodir bo'ladi:



Oksidlanish jarayoni faqat yuqori haroratda sodir bo'ladi, lekin ortiqcha (800-900°C dan) yuqori harorat ammiak va hosil bo'ladigan NO ning qisman parchalanishiga olib keladi:



Yuqori haroratda (900°C gacha) ammiakning azot(II)-oksidga aylanishi alohida reaksiyalar tezliklari nisbati orqali aniqlanadi.

Katalizator bo'lmaganda ammiakning oksidlanishi asosan azot hosil bo'lish bilan sodir bo'ladi. Nitrat kislota ishlab chiqarish uchun ammiakni NO ga nisbatan to'la oksidlanishini ta'minlash kerak, shuning uchun reaksiyani nisbatan yuqori tezlikda amalga oshirishini ta'minlaydigan katalizatorlar ishlatiladi. Amalda ammiakning kislorod bilan NO gacha oksidlanish darajasi 98% gacha yetadi.

Ammiakning azot(II)-oksidga oksidlash jarayonini tezlashtiruvchi katalizatorlar sifatida platina va uning platina oilasi metallari bilan qotishmalari, temir, marganes, kobalt va boshqa metallarning oksidlari ishlatiladi.

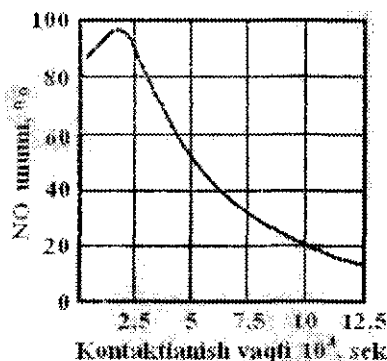
Platina katalizatorlari yupqa 0,06-0,09 mm diametrli simdan tayyorlangan to'r shaklida bo'lib, 1 sm² yuzada 1024 yacheyka bo'ladi. Atmosfera bosimi ostida ammiakni oksidlash jarayonini o'tkazish uchun: Pt+4% Pd + 3,5% Rh tarkibli, bosim ostida jarayonni o'tkazish uchun esa: Pt+7,5% Rh tarkibli platina qotishmalaridan tayyorlangan to'rlar ishlatiladi. Platinaga palladiy va rodiyning qo'shilishi katalizator to'ri mustahkamligini oshiradi va platina xarajatlarini kamaytiradi.

Ammiakni platina katalizatorida oksidlash – murakkab geterogen katalitik jarayon bo'lib, birin-ketin bir necha bosqichda sodir bo'ladi: 1) katalizator sirtiga ta'sirlashuvchi reagentlar diffuziyasi; 2) kislorodning faollangan adsorbsiyasi; 3) katalizator sirtida molekulalarning kimyoviy ta'sirlashishi; 4) katalizator sirtidan reaksiya mahsulotlarining desorbsiyasi.

Jarayonning nisbatan sekin sodir bo'ladigan bosqichi oksidlanish tezligini belgilab beradi va u katalizator sirtiga ammiakning diffuziyasi hisoblanadi.

Harorat, bosim va gazlar aralashmasining tarkibi o'zgarmas bo'lganda azot oksidi unumining atmosfera bosimida (platina-rodiiy katalizatori) kontaktlanish vaqtiga bog'liqligi 8,5-rasmda tasvirlangan. Gazning katalizator bilan to'qnashish vaqti ortishi bilan dastlab azot(II)-oksidning unumi ortadi, so'ngra pasayadi, bu qo'shimcha reaksiyalar sodir bo'lishi bilan izohlanadi. Kontaktlanishning optimal vaqti 0,001-0,002 sek chegarasida o'zgaradi.

Havo-ammiak aralashmasining katalizator yuzasi bilan ma'lum vaqt to'qnashuvini ta'minlash uchun kontakt jihoziga taxlam tarzida bir necha to'r joylanadi, ulardan gazlar aralashmasi birin-ketin o'tadi. Atmosfera bosimda ishlaydigan qurilmalarda taxlamlarga odatda 3-4 ta to'r kiradi, yuqori bosim ishlatilganda taxlamda 15-20 ta to'r ishlatiladi.



8.5-rasm. Azot(II)-oksid unumining kontaktlanish vaqtiga bog‘liqligi.

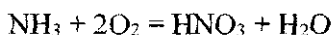
Platinali katalizatorlar kontakt jihoziga ammiak-havo aralashmasi bilan kiradigan qo‘shimchalarga ta’sirchandir. Ayniqsa kuchli zahar – vodorod florid platina katalizatorini xattoki gazlar aralashmasida 0,00001% miqdorda bo‘lganda ham qaytmas zaharlaydi.

Tarkibida oltingugurt bo‘lgan birikmalar katalizatorni qaytar zaharlaydi. Katalizator sirtiga chang, yelim va kompressorning surkov moylarini yopishib qolishiga yo‘l qo‘yib bo‘lmaydi. Shuning uchun havo odatda yaxshilab tozalanadi. Ko‘rilgan choralarga qaramay, oz miqdorda bo‘lsa ham zararli qo‘shimchalar kontakt jihoziga kiradi, natijada katalizator faolligi sekin-asta pasayadi. Katalizator to‘ri faolligini tiklash uchun xlorid va nitrat kislotalarning kuchsiz eritmaları bilan yuviladi.

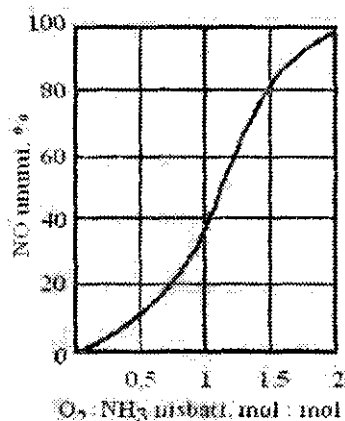
Ammiak oksidlanish jarayoni sharoitida platinali katalizator sekin-asta mo‘rt bo‘lib boradi, boshlang‘ich mustahkamligini yo‘qotadi va uning mayda zarrachalari gaz oqimi bilan chiqib ketadi. 800°C haroratda atmosfera bosimida ishlaydigan qurilmalarda 1 t HNO_3 hisobiga platina katalizatorining yo‘qotilishi 0,04-0,06 g ni tashkil etadi. Bosim va haroratning ortishi bilan katalizatorning yo‘qotilishi ortadi. Masalan, 7 atm bosim va 900°C haroratda ishlaydigan qurilmalarda 1 t HNO_3 hisobiga platina katalizatorining yo‘qotilishi 0,3-0,4 g ga yetadi. Nitroza gazlari bilan yo‘qotiladigan platinaning bir qismi tutib qolinadi, ammo uning ko‘p qismi qaytarilmasdan yo‘qotiladi. Yo‘qotilgan massa taxminan 30% ga yetganda to‘r qayta quyishga yuboriladi. Atmosfera bosimi ostida ishlaydigan qurilmalarda platina-rodiiy katalizatorlari 12-14 oy, yuqori bosim ostida esa anchagina kam xizmat qiladi. Platina katalizatorlarining

ko'p miqdorda yo'qotilishi faol va arzon platinasiz katalizatorlar topishni va ishlatishni talab etadi.

Ammiakning oksidlanishi uchun stexiometrik tenglama bo'yicha 1 mol azotga 1,25 mol kislorod to'g'ri keladigan tarkibdagi azot-vodorod aralashmasi talab etiladi. Atmosfera bosimida ishlaydigan platina katalizatori uchun azot(II)-oksid unumining boshlang'ich ammiak-havo aralashmasidagi kislorod va ammiak konsentratsiyalari nisbatiga bog'liqligi 8.6-rasmda ko'rsatilgan. Amalda azot(II)-oksid unumi va jarayon tezligini oshirish uchun $O_2:NH_3$ nisbat 1,7-2,0 ga teng deb qabul qilinadi:

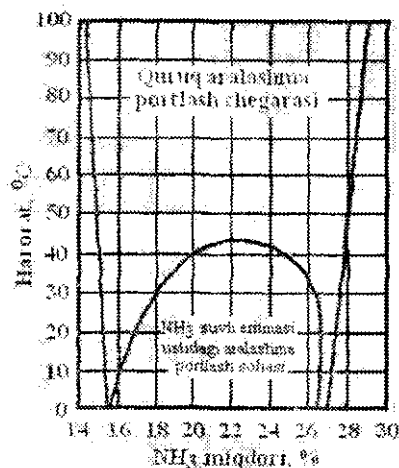


Bu havo-ammiak aralashmasida 9,5-11,5% NH_3 bo'lishini bildiradi.



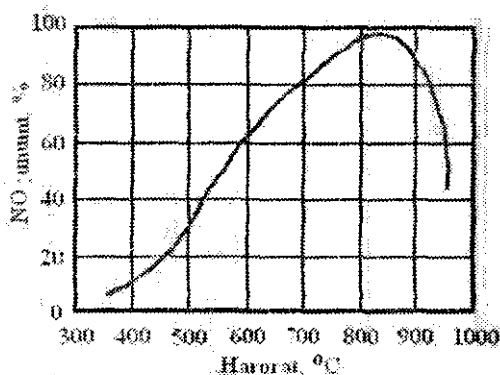
8.6-rasm. Azot(II)-oksid unumining boshlang'ich ammiak-havo aralashmasidagi kislorod va ammiak konsentratsiyalari nisbatiga bog'liqligi.

Ammiak va havo ma'lum nisbatda bo'lgan ammiak-havo aralashmasi portlash havfi mavjuddir. 8.7-rasmda atmosfera bosimida ammiak-havo aralashmasidagi NH_3 miqdorining portlash havfi chegarasi ko'rsatilgan. Ishlab chiqarish sharoitida ammiak va havo nisbati portlash havfi chegarasidan tashqarida bo'ladigan ammiak-havo aralashmasi bilan ishlanadi.

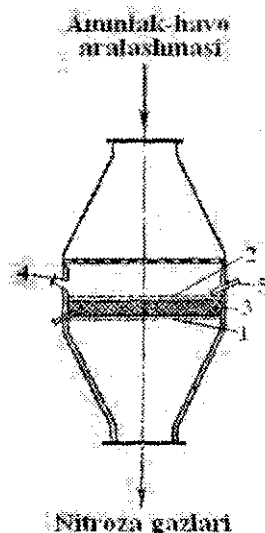


8.7-rasm. Quruq va suv bug'i bilan to'yingan ammiak-havo aralashmasining portlash chegaralari.

8.8-rasmda atmosfera bosimida platina katalizatorida azot(II)-oksid unumining haroratga bog'liqligi ko'rsatilgan. Bosimning ortishi ammiakning konversiya darajasiga salbiy ta'sir ko'rsatadi, bu esa bosim ostida ishlaydigan jihozlarda to'rlar sonining oshirilishini talab etadi. Bosim ko'tarilishi bilan konversiyaning optimal harorati oshadi. Atmosfera bosimi ostida ishlaydigan qurilmalarda platina-rodiiy katalizatori ishlatilganda gazning haroratini 700-800°C chegarasida, yuqori bosimda esa 800-900°C chegarasida ushlab turish kerak. Katalizatorning harorati gazlar aralashmasi haroratidan taxminan 75°C yuqori bo'ladi.



8.8-rasm. Azot(II)-oksid unumining haroratga bog'liqligi.



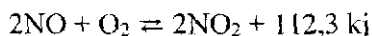
8.9-rasm. Kontakt jihozi sxemasi:

1-panjara; 2-katalizator to'ri; 3-to'ldirgich, 4-ko'rish oynasi; 5-yoqish tirqishi.

Reaktor – kontakt jihozi. 3,5-4,0 atm bosim ostida ishlaydigan reaktor – kontakt jihozi 8.9-rasmda ko'rsatilgan. Jihozning diametri 1,5-2,5 m dir. Gaz kontakt jihozining yuqori qismidan kiradi. Katalizator to'ri kontakt jihozining markaziy silindr qismiga joylangan. Jihozning quyi qismi havo bilan sovutiladi. Jihozning korpusida yoqish tirqishi va to'r holatini ko'rish oynasi o'rnatilgan. Atmosfera bosimi ostida ishlaydigan kontakt jihozlarida odatda uchta to'r o'rnatilgan bo'ladi; 7-10 atm bosim ostida ishlaydigan jihozda esa 16-18 ta to'r bo'ladi.

Nitroza gazlarini suyultirilgan nitrat kislotaga qayta ishlash. NO ni oksidlash va azot(IV)-oksidini suvga absorbsiyalash amalda bir vaqtda va bitta jihozning o'zida amalga oshiriladi. Lekin bu jarayonlardagi qonuniyatlar alohida-alohida ko'rib chiqiladi.

Azot(II)-oksidini oksidlash. Azot(II)-oksidini azot(IV)-oksidiga oksidlash jarayoni ekzotermik reaksiya bo'yicha amalga oshiriladi:



Yuqoridagi reaksiya nitroza gazlarini qayta ishlashda sodir bo'ladigan barcha reaksiyalar ichida eng sekin ketadi, shuning uchun u barcha jarayonning umumiy tezligini belgilab beradi.

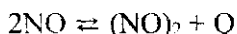
NO ni oksidlash hajm kamayishi bilan sodir bo'ladi. Shunga muvofiq, bosim oshirilganda muvozanat o'ngga siljiydi. 150°C haroratgacha NO ning oksidlanishi amalda to'la NO₂ hosil bo'lish tomonga sodir bo'ladi. Yanada yuqori haroratda muvozanat chap tomonga siljiydi va 800°C da azot(II)-oksidning azot(IV)-oksidga aylanishi amalda sodir bo'lmaydi. 150°C haroratgacha NO ning NO₂ ga oksidlanish reaksiyasi amalda qaytmadir, bu sharoitda tezlik tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{dG_{NO_2}}{dt} = k_1 p_{NO}^2 p_{O_2}$$

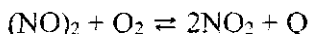
bu yerda: k_1 – reaksiyaning tezlik konstantasi; p_{NO} – azot(II)-oksidning parsial bosimi; p_{O_2} – kislorodning parsial bosimi.

Ko'pchilik reaksiyalarda haroratning oshirilishi ular tezligini oshiradi. NO ning NO₂ ga oksidlanish reaksiyasi bu umumiy qonuniyatga bo'ysunmaydi, harorat oshirilganda uning tezligi va reaksiyaning tezlik konstantasi k_1 qiymati kamayadi. Masalan, reaksiyaning tezlik konstantasi (k_1) 0°C haroratda $6,93 \cdot 10^{-3}$ ga, 60°C da $2,92 \cdot 10^{-3}$ ga, 340°C da esa $4,34 \cdot 10^{-4}$ ga tengdir.

NO ning NO₂ ga oksidlanish reaksiyasiga haroratning anomal ta'sirini tushuntirish uchun bir necha gipotezalar taklif etilgan. Ulardan birida NO ning NO₂ ga oksidlanishi oraliq mahsulot – azot(II)-oksid dimeri hosil bo'lishi orqali izohlanadi:



dimer keyinchalik azot(IV)-oksidga oksidlanadi:



Azot(II)-oksid dimeri hosil bo'lishi issiqlik ajralishi bilan boradigan qaytar jarayondir. Demak, harorat oshirilganda bu reaksiya muvozanati chap tomonga siljiydi. Bunda muvozanat konstantasi kattalashadi, gazlar aralashmasidagi dimerning muvozanat konsentratsiyasi kamayadi. Dimerning azot(IV)-oksidga keyingi oksidlanish tezligi esa dimer konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi.

$$\frac{dG_{NO_2}}{dt} = k_1 p_{(NO)_2} p_{O_2}$$

bu yerda: k_1 – (NO)₂ oksidlanish reaksiyaning tezlik konstantasi; $p_{(NO)_2}$ – azot(II)-oksid dimerining parsial bosimi; p_{O_2} – kislorodning parsial bosimi. Shunday qilib, azot(II)-oksidning azot(IV)-oksidga oksidlanish tezligining kamayishini harorat oshirilganda dimer konsentratsiyasining keskin kamayishi bilan izohlanadi.

Atmosfera bosimi ostida ishlaydigan qurilmalarda azot(II)-oksid taxminan 92% gacha oksidlanadi, chunki to'la oksidlash uchun ko'p vaqt va katta hajmdagi jihozlar kerak bo'ladi.

Bosimning oshirilishi gazning ikkinchi va ayniqsa uchinchi tartibli reaksiyalarini anchagina darajada tezlashtiradi. Bosim 10 marta oshirilganda reaksiya tezligi NO parsial bosimi hisobiga 100 marta va yana O₂ parsial bosimi hisobiga 10 marta oshadi. Shunday qilib, 10 atm bosim qo'llash orqali atmosfera bosimiga nisbatan oksidlanish vaqti va jihoz hajmini 1000 marta kamaytirish mumkin. Shuning uchun bosim 10 atm gacha oshirilgan qurilmalarda azot(II)-oksidni amalda to'la azot(IV)-oksidgacha oksidlanadi va uning 98-99% miqdori to'g'ridan-to'g'ri nitrat kislotaga qayta ishlanadi.

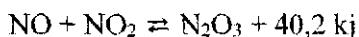
Ko'pgina moddalar, masalan, yog'och ko'miri, silikagel va boshqalar NO ning NO₂ ga oksidlanish jarayonini tezlashtiradi, ya'ni mazkur reaksiya uchun katalizatorlar hisoblanadi, ammo suv bug'ining zaharlovchilik ta'sirida bu katalizatorlardan amalda foydalanish qiyinchiliklar tug'diradi.

Azot(IV)-oksidi dimer (NO₂)₂ hosil qilib assotsilanishi mumkin:



Bu reaksiya tezligi juda katta va muvozanat sharoiti orqali NO₂:N₂O₄ nisbatni amalda belgilanadi. 0°C haroratda NO₂ ning assotsilanish darajasi 71% ni tashkil etadi. Bosim oshirilganda muvozanat dimer hosil bo'lishi tomonga siljiydi.

Azot(IV)-oksid nitrit anhidrid hosil qilish orqali azot(II)-oksid bilan ta'sirlashishi mumkin:



Bu reaksiya muvozanati amalda bir zumda o'rnatiladi. Bosim oshirilishi va haroratning pasaytirilishi muvozanatni o'ngga siljitadi. Amaliy sharoitda ammiak oksidlanishidan olinadigan nitroza gazlari tarkibida N₂O₃ miqdori ko'p bo'lmaydi.

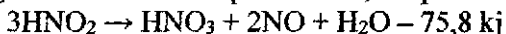
Oksidlanish reaksiyasi va oksidlarning assotsilanishi natijasida nitroza gazlari aralashmasi hosil bo'ladi, uning tarkibida havo bilan kiradigan azot va kisloroddan tashqari NO₂, N₂O₄, N₂O₃, NO, N₂O va H₂O bo'ladi. Turli xil azot oksidlarining nisbati sharoitga bog'liq holda tez o'zgarib turadi, lekin atmosfera bosimidagi suvli absorbsiya jarayonida asosiy komponent NO₂ hisoblanadi.

Azot(IV)-oksidni suv bilan absorbsiyalash. Azot(IV)-oksidni suv bilan absorbsiyalash nitrat kislota ishlab chiqarishning oxirgi bosqichi

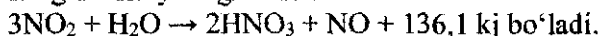
hisoblanadi. Azot(IV)-oksid va uning dimeri suv bilan quyidagi reaksiya bo'yicha ta'sirlashadi:



Hosil bo'lgan nitrit kislota beqaror bo'lib, tez parchalanadi:



Jarayonning umumiy tenglamasi:



Nitrit anhidrid suv bilan ta'sirlashib nitrit kislota hosil qiladi. Azot(II)-oksid va azot(I)-oksid suvda amalda erimaydi.

NO_2 absorbsiyasi sodir bo'lish davomida hosil bo'ladigan nitrat kislota konsentratsiyasi ortib boradi. Bunda nitrat kislota ustidagi azot oksidlari bug' bosimi ortadi, bu esa jarayon harakatlantiruvchi kuchini kamaytiradi va shunday qilib, azot(IV)-oksidning nitrat kislotaga aylanishi sekinlashadi. Harorat pasaytirilganda azot(IV)-oksidning yutilish tezligi ortadi, bunda azot(II)-oksidning oksidlanish tezligi ham ortadi. Lekin harorat pasaytirilganda NO_2 ning kislotada eruvchanligi orsada, u suv bilan ta'sirlashmaydi. Shuning uchun nitroza gazlarini nitrat kislotaga qayta ishlash, odatda, 20-30°C haroratda o'tkaziladi.

Ammiak-havo aralashmasi (10-12% NH_3) ishlatilishi bilan bosim ostida ishlaydigan tizimlarda nitroza gazlarini qayta ishlash orqali 48-50% li nitrat kislota eritmasi olinadi. Bosimning 10 atm ga oshirilishi tarkibida 60-62% HNO_3 bo'lgan nitrat kislota olish imkoniyatini yaratadi.

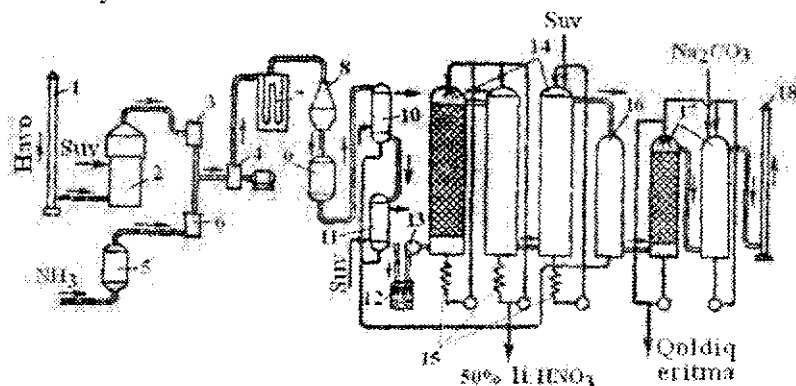
Nitrat kislota ishlab chiqarishda kislorod bilan boyitilgan havo ishlatish ko'p miqdorda azot(II)-oksid tutgan nitroza gazlari olishni ta'minlaydi va NO ning NO_2 ga oksidlanish reaksiyasi tezligini oshiradi.

Suyultirilgan nitrat kislota ishlab chiqarish sxemasi. Suyultirilgan nitrat kislota ishlab chiqarish qurilmalari bosim ishlatilishiga bog'liq holda klassifikatsiyalanadi: 1) atmosfera bosimi ostida ishlaydigan qurilmalar; 2) yuqori bosim ostida ishlaydigan qurilmalar; 3) kombinatsiyalashgan qurilmalar, bunda ammiakni oksidlash atmosfera bosimida, NO ni oksidlash va NO_2 suv bilan absorbsiyasi esa yuqori bosimda amalga oshiriladi.

Atmosfera bosimi ostida ishlaydigan suyultirilgan nitrat kislota ishlab chiqarish sxemasi 8.10-rasmda ko'rsatilgan.

Qurilmaga havo korxona maydoni tashqarisidan keladigan tashqi quvur (1) orqali kiradi. Havoni mexanik va kimyoviy qo'shimchalardan tozalash uchun elakli ko'pikli yuvgich (2) va karton filtr (3) o'rnatiladi.

Ammiak mexanik qo'shimchalar va moydan koksli filtr (5) va karton filtrda (6) tozalanadi. Havo, ammiak va qo'shimcha kislorodni uzatish ammiak-havo ventilyatori (4) yordamida shunday hisobda amalga oshiriladiki, bunda gaz aralashmasi tarkibida 10-12% NH_3 bo'lishi kerak. So'ngra gazlar aralashmasi porolit filtr (7) orqali o'tadi, unda g'ovak sopol bilan filtrlab tozalanadi hamda kontakt jihozining (8) (8.9-rasm) yuqori qismiga beriladi. Kontakt jihozidan chiqishda nitroza gazlarining harorati odatda 800°C atrofida ushlab turiladi. Yuttirgich-qozonda (9) gazlar issiqligidan suv bug'i ishlab chiqarishda foydalaniladi va gazlar harorati 250°C gacha pasaytiriladi. So'ngra gazlar suv bilan sovutgich (10) va (11) da 30°C haroratgacha sovutiladi. Bunda suv bug'i kondensatsiyasi va azot(II)-oksidning oksidlanishi qisman sodir bo'ladi. Tezkor sovutgichda (10) NO ning oksidlanish darajasi oz bo'ladi, shuning uchun unda 3% li nitrat kislotaga hosil bo'ladi. Sovutgichda (11) esa 25% HNO_3 konsentratsiyali kislotaga olinadi.

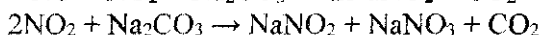
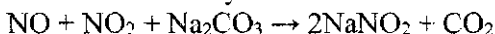


8.10-rasm. Atmosfera bosimi ostida ishlaydigan suyultirilgan nitrat kislotaga ishlab chiqarish qurilmasining sxemasi

Nitroza gazlari gidrozatvordan (12) o'tgach, gaz purkagich (13) bilan absorbsiya minorasiga uzatiladi, u yerda birin-ketin ulangan kislotali absorbsiya minoralaridan (14) o'tadi. Minoralar kislotabardosh halqalardan iborat to'ldirgichlar bilan to'ldirilgan. Minoralarga sovutgichlar (15) va nasoslar o'rnatilgan bo'ladi. Agar nitroza gazlarini qayta ishlash atmosfera bosimida amalga oshirilsa, odatda kislotali absorbsiya olti-sakkiz minorada o'tkaziladi. NO_2 ni yutirish uchun suv oxirgi minoraga (14) gaz yo'nalishi bo'yicha beriladi. Hosil bo'ladigan kislotaga gaz oqimiga qarama-qarshi oqimda barcha minoralardan o'tadi va oxiri birinchi minoraga kelib

tushadi. Mahsulot – taxminan 50% li nitrat kislota eritmasi – ikkinchi minoradan gaz oqimi yo‘nalishida ajratib olinadi. Kislotali minoralarda absorbsiyaga keladigan azot oksidlarining taxminan 90% miqdori qayta ishlanadi. Kislotali absorbsiya minoralaridan tashqarida qoldiq NO ni NO₂ ga oksidlash uchun minora (16) o‘rnatilgan, nitroza gazlari undan o‘tib minorada (17) soda eritmasi bilan ishqorli absorbsiyaga keladi va chiqindi gaz chiqarish quvuri (18) orqali atmosferaga chiqarib yuboriladi.

Ishqoriy absorbsiya minorasida bir vaqtning o‘zida azot(IV)-oksid va NO + NO₂ (N₂O₃) aralashmasi yutiladi, bunda gaz fazasiga NO ajralishi yo‘qotiladi, bu xuddi suvli absorbsiya kabi sodir bo‘ladi:

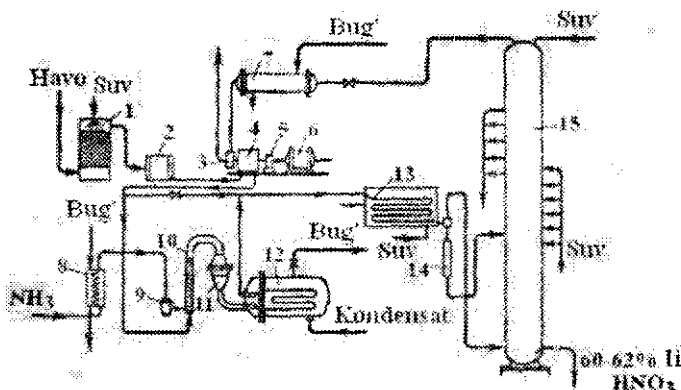


Tarkibida natriy nitrit va nitrat tutgan eritma gaz harakat yo‘nalishi bo‘yicha birinchi ishqoriy absorbsiya minorasidan chiqariladi, undan qishloq xo‘jaligida mineral o‘g‘it sifatida ishlatiladigan natriy nitrat olinadi. Chiqindi gaz tarkibida 0,05-0,15% atrofida azot oksidlari bo‘ladi.

Yuqori bosim ostida (7-10 atm) suyultirilgan nitrat kislota ishlab chiqarish sxemasi 8.11-rasmda ko‘rsatilgan.

Suv yoki soda eritmasi bilan skrubberda (1) yuvilgan va asbest yoki kartonli quruq filtrda (2) filtrlab tozalangan atmosfera havosi belgilangan bosimgacha siqish uchun quvurli kompressorga (4) yuboriladi, bunda u taxminan 110-120°C gacha qiziydi va aralashtirgichga (10) boradi. Bu yerda u bug‘latgichdan (8) keladigan hamda moy va katalizator changidan tozalash uchun filtr 9 orqali o‘tgan ammiak bilan aralashadi. Aralashtirgichda (10) olingan tarkibida 10-12% NH₃ tutgan ammiak-havo aralashmasi kontakt jihoziga (11) yuboriladi. Kontakt jihozida ammiakning azot(II)-oksidga oksidlanishi 900°C haroratda sodir bo‘ladi. Qaynoq nitroza gazlari kontakt jihozidan yuttirgich qozonga (12) yuboriladi, u yerda 400°C haroratgacha sovutiladi. So‘ngra gaz 40-50°C gacha keyingi sovutish uchun kondensator-sovutgichga (13) beriladi. Kondensator yo‘li bo‘yicha nitroza gaziga havo qo‘shib boriladi. Bu NO ning NO₂ ga keyingi oksidlanishini yaxshilaydi. Nitroza gazlarining kondensatorda oksidlanishi tez sodir bo‘ladi, bunda NO₂ kondensatsiyalanadigan suv bug‘i bilan 53-56% li nitrat kislota hosil qiladi. Nitrat kislotalarining bu miqdori kislota qurilmasida olinadigan barcha kislotalarining 50% gachani tashkil etadi. Kontakt jihozidan nitroza gazlari bilan chiqadigan platina zarrachalarini ajratish uchun kondensatorda hosil bo‘ladigan nitrat kislota filtr (14) orqali o‘tadi va tarelkali absorbsiya minorasiga (15) kelib tushadi. Nitroza gazlari kondensatordan (13)

absorbsiya minorasining (15) quyi qismiga yuboriladi va unda pastdan yuqoriga qarab o'tadi. Absorbsiya minorasining yuqorisidan kondensat beriladi, hosil bo'ladigan 60-62% HNO_3 konsentratsiyali nitrat kislota esa minoraning pastki qismidan chiqariladi. Nitrat kislota hosil bo'lishida kolonnada ajraladigan issiqlikni chiqarib olish uchun minora tarelkalariga sovuq suv aylanadigan aylana quvurli sovutgichlar joylashtirilgan bo'ladi.



8.11-rasm. 7-10 atm bosim ostida suyultirilgan nitrat kislota ishlab chiqarish uchun qurilma sxemasi.

Absorbsiya minoralaridan chiqadigan gazlar (chiqindi gazlar) tarkibida 0,15% gacha azot oksidlari (NO va NO_2) bo'ladi. Bu gazlar qizdirgichga (7), u yerda yuttirgich qozondan olinadigan bug' bilan qizdiriladi, so'ngra ular bosimidan foydalanish uchun kengayish trubinalariga (3) yuboriladi. Bu esa havoni siqish uchun sarflanadigan 40% gacha energiyani tejash imkonini beradi. Minoradan (15) chiqadigan gazlarni qizdirish uchun yuttirgich qozondan keyingi nitroza gazlarini bug' bilan birgalikda ishlatish mumkin.

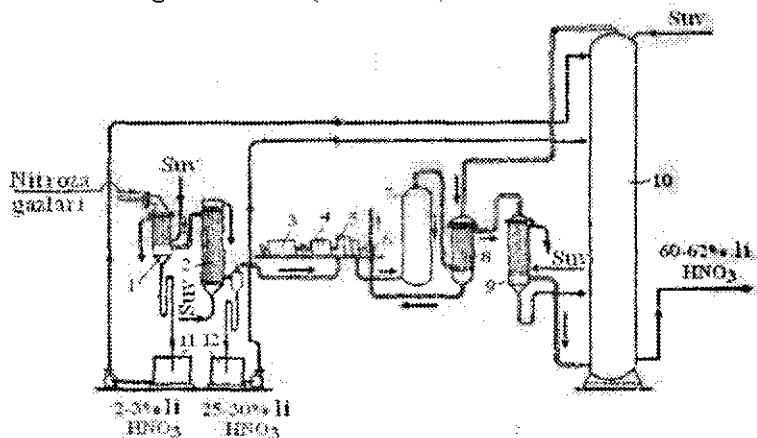
Tizimning asosiy jihozlari (kondensator, absorbsiya minoralari va boshqalar) xrom-nikelli po'latdan tayyorlanadi. Absorbsiya minorasi konstruksiyasi qalpoqli yoki teshikli (elakli) barbotaj tarelkali tayyorlanadi.

Yuqori bosim ostida ishlaydigan qurilmalar atmosfera bosimi ostida ishlaydigan qurilmalar bilan taqqoslanganda bir qator afzalliklarga ega bo'ladi: 1) azot oksidlarini nitrat kislota qayta ishlash 98-99% gacha kislota konsentratsiyasi esa 60-62% gacha ortadi. Ishqoriy absorbsiyaning zarurati bo'lmaydi; 2) absorbsiya minoralarining hajmi atmosfera bosimi ostida ishlaydigan to'ldirgichli tizim minoralariga nisbatan o'n martalab

kichik bo'ldi; 3) jihozlarni maxsus po'latdan tayyorlash sarfi va qurilmani barpo etish kapital xarajatlari kamayadi.

Qimmatbaho platina katalizatori yo'qotilishining ko'payishi va bosimni oshirilishi hisobiga energiya sarfining ortishi bu usulning asosiy kamchiligi hisoblanadi.

Nitrat kislota ishlab chiqarishning kombinatsiyalashgan usulida ammiakni oksidlash atmosfera bosimi ostida, azot(II)-oksidni oksidlash va azot oksidlarini suvga yuttirish jarayonlari esa bosim ostida ishlaydigan qurilmalarda amalga oshiriladi (8.12-rasm).



8.12-rasm. Kombinatsiyalashgan usulda suyultirilgan nitrat kislota ishlab chiqarish uchun qurilma sxemasi:

1,2-sovutgichlar; 3-quvurli kompressor dvigateli; 4-reduktor; 5-nitroza gazlari quvurli kompressori; 6-chiqindi gazlarini kengaytirish uchun quvur; 7-oksidlash minorasi; 8-issiqlik almashtirgich; 9-sovutgich-kondensator; 10-absorbsiya minorasi; 11,12-nitrat kislota yig'igichi.

Nitroza gazlari birin-ketin ikkita sovutgichda sovutiladi va quvurli kompressor bilan 3,5 atm bosimgacha siqiladi, bunda ular 120-130°C haroratgacha qiziydi. NO oksidlanish reaksiyasi issiqligi hisobiga oksidlagichda gazlar harorati 200-220°C gacha ortadi. Nitroza gazlari oksidlagichdan so'ng dastlab issiqlik almashtirgichda chiqindi gazlari bilan, so'ngra sovutgich-kondensatorda suv bilan sovutiladi.

3,5 atm bosim ostida nitroza gazlarini nitrat kislota qayta ishlash tarelkali absorbsiya minoralarida o'tkaziladi. Chiqindi gazlari energiya rekuperatsiyasi uchun quvurli kompressor elektromotori bilan bir valga birlashtirilgan kengaytirish quvuriga yuboriladi.

Turli xil usullarda nitrat kislota ishlab chiqarish bo'yicha solishtirma ma'lumotlar 8.1-jadvalda keltirilgan.

Nitrat kislota ishlab chiqarishning turli xil usullarini solishtirish

Ko'rsatkichlar	Qurilma uchun 1 t HNO_3 hisobiga sarf koeffitsientlari		
	atmosfera bosimida	yuqori bosimda	kombinatsiy a-lashgan
Ammiak, t	0,29-0,30	0,29-0,295	0,29
Elektr energiyasi, kvt soat	70-90	340-500	230
Bug' (12 atm), kkal	$13 \cdot 10^6$	$13 \cdot 10^6$	-
Platina, g	0,048-0,05	0,15-0,2	0,049

Shunday qilib, yuqori bosim ostida ishlaydigan nitrat kislota ishlab chiqarish tizimi kam kapital xarajatlar hisobiga yuqori ekspluatatsiya (elektr energiyasi, platina) sarfiga ega bo'ladi. Kombinatsiyalashgan sxemada yuqori bosim (kam kapital xarajatlar) va atmosfera bosimidagi (platina va elektr energiyasi sarfini kamaytirish) yutuqlar uyg'unlashtiriladi.

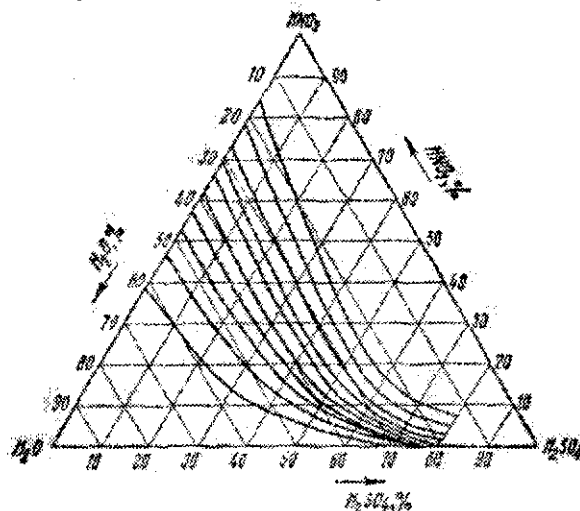
Konsentrlangan nitrat kislota olish. Ayrim ishlab chiqarishlarda suyultirilgan nitrat kislota emas, balki tarkibida 96%dan yuqori HNO_3 bo'lgan konsentrlangan kislota talab etiladi. Bunday konsentratsiyali nitrat kislota suyultirilgan nitrat kislota konsentrlash yoki to'g'ridan-to'g'ri sintez yo'li bilan olinadi.

Suyultirilgan nitrat kislota konsentrlash. Konsentrlangan nitrat kislota olish uchun suyultirilgan HNO_3 sulfat kislota ishtirokida bug'latiladi.

Maksimal qaynash harorati HNO_3 ning 68,4% miqdoriga to'g'ri keladi (8.4-rasmga qarang). Bu nuqtada bug'ning tarkibi suyuq faza tarkibi bilan bir xil bo'ladi (azeotrop aralashma) va shundan keyingi haydash orqali nitrat kislota konsentratsiyasini oshirish mumkin emas. Konsentrlangan (68% dan yuqori) nitrat kislota olish uchun suyultirilgan nitrat kislota haydash odatda suv tortuvchi muhit – konsentrlangan sulfat kislota ishtirokida o'tkaziladi. Konsentrlangan sulfat kislota suyultirilgan nitrat kislota tarkibidagi suvni bog'lab, 100% li HNO_3 qaynash haroratidan yuqori haroratda qaynaydigan sulfat kislota gidratlarini hosil qiladi. Bunday aralashmani bug'latishda bug'da deyarli nitrat kislota bo'lmaydigan sharoitni tanlash mumkin.

8.13-rasmda $\text{H}_2\text{O}-\text{HNO}_3-\text{H}_2\text{SO}_4$ uchlamchi aralashma diagrammasi keltirilgan bo'lib, unda doimiy tarkibdagi bug'ni ifodalaydigan egri chiziqlar keltirilgan. Suyuqlikda nitrat kislota konsentratsiyasi saqlangan

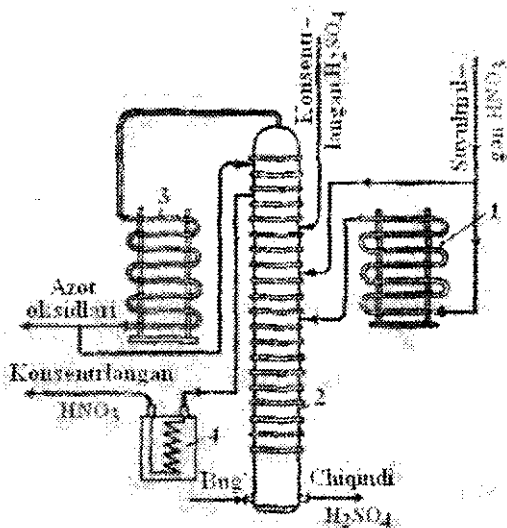
holda uchlamchi aralashmada sulfat kislota miqdori ortishi bilan bug'dagi HNO_3 konsentratsiyasi ortadi, suv esa kamayadi.



8.13-rasm. Uchlamchi aralashma bug'lari tarkibi.

Suyultirilgan nitrat kislota konsentrlangan sulfat kislota (92-94% li H_2SO_4) bilan haydash tarelkali barbotaj minoralarida yoki halqali to'ldirgichli minoralarda amalga oshiriladi. Minoralarni tayyorlash uchun materiallar sifatida tarkibida 14-18% Si bo'lgan hamda yuqori haroratda sulfat va nitrat kislotalar aralashmasi ta'siriga chidamli kislota bardosh cho'yan (ferrosilitsid) xizmat qiladi.

Suyultirilgan nitrat kislota konsentrlash uchun qurilmaning prinsipial sxemasi 8.14-rasmda ko'rsatilgan. Sulfat kislota minora (2) yuqori tarelkalaridan biriga tushadi. Minoraning sal quyirog'iga tarkibida 50% HNO_3 bo'lgan suyultirilgan nitrat kislota beriladi. Uning bir qismi bug'latgich (1) orqali o'tadi. Aralashmani qizdirish minora ostki qismidan kiritiladigan qaynoq ($180-200^\circ\text{C}$ haroratdagi) bug' bilan amalga oshiriladi. HNO_3 parchalanishi natijasida hosil bo'ladigan oz miqdorda suv bug'i va azot oksidlari tutgan konsentrlangan nitrat kislota bug'lari minoradan (2) kondensatorga (3) yuboriladi, u yerda kislota kondensatsiyalanadi, nitroza gazlari (azot oksidlari) esa keyingi tutib qolishga boradi. Azot oksidlarining bir qismi nitrat kislota da eriydi, shuning uchun u kondensatordan (3) minoraning yuqori tarelkasiga qaytariladi, u yerda qizdirilgan bug' bilan nitrat kislota haydaladi. Konsentrlangan nitrat kislota sovutgich (4) orqali chiqarib olinadi.



8.14-rasm. Suyultirilgan nitrat kislotani konsentrlash uchun qurilma sxemasi.

Ishlatilgan chiqindi (70% li) sulfat kislota minoraning quyi qismidan oqib tushadi, uni sovutilmagan holda to'g'ridan-to'g'ri bug'latishga beriladi. Konsentrlangan sulfat kislota sarfi 1 t konsentrlangan nitrat kislota uchun 3-4 t ni tashkil etadi. Ishlatilgan sulfat kislotani jarayonga qaytarish uchun uni konsentrlash kerak bo'ladi. Bu ko'p miqdorda yoqilg'i sarflash, sulfat kislotaning bir qismini yo'qotish va jihozlarning kuchli korroziyalanishi bilan bog'liqdir. Shuning uchun hozirgi paytda to'g'ridan-to'g'ri sintez usuli bilan nitrat kislota ishlab chiqarishga e'tibor qaratilgan.

Nitrat kislotani to'g'ridan-to'g'ri sintez qilish. Jarayon suyuq azot qo'sh oksid ($2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$) dan quyidagi reaksiya bo'yicha:

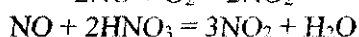
$$\text{N}_2\text{O}_4(\text{suyuq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{suyuq}) + \text{O}_2(\text{gaz}) \rightleftharpoons 4\text{HNO}_3 + 59,5 \text{ kJ}$$

75°C haroratda va 50 atm bosim ostida maxsus avtoklavlarda amalga oshiriladi.

Muvozanatni nitrat kislota hosil bo'lish tomonga siljitish, shuningdek reaksiya tezligini oshirish uchun avtoklavga keladigan aralashmada suyuq azot qo'shoksidi miqdori ortiqcha bo'lishi kerak. Odatda suyuq azot qo'shoksidi stexiometriyadan 25% ga ortiqcha bo'ladi. Reaksiyaga kirishmagan ortiqcha olingan azot qo'shoksidi hosil bo'ladigan 98-99% li nitrat kislotadan ajratiladi va ishlab chiqarishga qaytariladi.

Suyuq azot qo'shoksidni nitroza gazlaridan ularni bosim ostida sovutish orqali NO_2 ni kondensatsiyalab olinadi. To'g'ridan-to'g'ri kondensatsiyalab suyuq azot qo'shoksidi olish uchun nitroza gazlaridagi NO ni NO_2 ga to'la oksidlanishi va azot oksidlarining boshlang'ich parsial bosimi yetarlicha yuqori bo'lishi kerak. Ishlab chiqarish sharoitida jihozlarga qattiq N_2O_4 kristallari cho'kib qolmasligi uchun gazlar -8°C dan past bo'lmagan haroratgacha sovutiladi.

Ikkinchi usul quyi haroratda konsentrlangan nitrat kislota bilan nitroza gazlaridan NO_2 ni absorbsiyalanishiga asoslangandir. Absorbsiya jarayonida nitroza gazlaridagi azot(II)-oksidning bir qismi kislorod bilan, qolgan qismi esa konsentrlangan nitrat kislota bilan oksidlanadi:



Nitroza gazlaridagi azot qo'shoksidi ishlab chiqarish qurilmalarida 98% li nitrat kislota bilan absorbsiyalanadi va tarkibida 30% gacha NO_2 bo'lgan nitrooleum $\text{HNO}_3 \cdot n\text{NO}_2$ olinadi. Bu eritmani 80°C gacha qizdirish orqali undan gaz holatidagi konsentrlangan azot qo'sh oksidi ajratiladi, so'ngra uni sovutish orqali kondensatsiyalanadi. Amalda kondensatsiya odatda ikki bosqichli: suv va namakob ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$) bilan -8°C haroratgacha sovutish orqali amalga oshiriladi.

Shunday qilib, nitrooleumli usul bilan konsentrlangan nitrat kislota to'g'ridan-to'g'ri sintez qilish quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi: 1) ammiakni kontaktli oksidlash orqali nitroza gazlarini olish; 2) nitroza gazlaridan ortiqcha suvni yo'qotish; 3) nitroza gazlaridagi NO ni NO_2 ga oksidlash; 4) qoldiq NO ni konsentrlangan nitrat kislota bilan qo'shimcha oksidlash; 5) nitroza gazlarini va bir qism konsentrlangan nitrat kislota bilan absorbsiyadan oldin taxminan -8°C gacha sovutish; 6) azot qo'shoksidni konsentrlangan nitrat kislota bilan absorbsiyalash (nitrooleum olish); 7) qizdirish yo'li bilan nitrooleumdan azot qo'shoksidini desorbsiyalash; 8) azot qo'sh oksidini sovutish orqali kondensatsiyalash (suyuq azot qo'shoksidi N_2O_4 olish); 9) 50 atm bosim va 75°C haroratda avtoklavda suyuq azot qo'shoksidining suv va kislorod bilan ta'sirlashishini amalga oshirish; 10) erigan azot qo'shoksidini haydash uchun konsentrlangan nitrat kislota qizdirish. Bu jarayon tayyor konsentrlangan nitrat kislota «oqartirish» deb ataladi.

Nitrat kislota saqlash va tashish. Kuchsiz nitrat kislota (45-60% li HNO_3) po'latdan yasalgan rezervuarlarda omborda saqlanadi.

Ko'p bo'lmagan miqdordagi suyultirilgan nitrat kislota shisha idishlar tashiladi, ular korzinkaga yoki yog'och panjaraga joylanib, osti va

atrofi yong'inga chidamli moddalar shimdirilgan qirindi bilan o'raladi. Ko'p miqdordagi suyultirilgan nitrat kislota zanglamaydigan po'latdan tayyorlangan temiryo'l sistemalarida tashiladi.

Konsentrlangan nitrat kislota aluminiydan yasalgan rezervuarlarda saqlanadi va temir yo'l sistemalarida tashiladi.

Nitrat kislota 7,5% H_2SO_4 bilan aralashmasi melanj deb ataladi, u uglerodli po'latdan tayyorlangan sistemalarda tashiladi. Konsentrlangan nitrat kislota yog'och panjaradi shisha idishlarda tashish ta'qiqlanadi.

Azot oksidlari va nitrat kislota zaharlash xossasini namoyon etadi. Binolardagi azot oksidlarining chegaraviy me'yor konsentratsiyasi N_2O_5 hisobida 0,005 mg/l ni tashkil etadi.

Nitrat kislota teriga tekkanda qattiq kuydiradi va yara hosil qiladi. Konsentrlangan nitrat kislota paxtali materiallar va yog'ichni yondirishi mumkin.

Nitrat kislota bilan ishlaydiganlar movut jundan tayyorlangan maxsus kiyim kiyishi, sariq rang qutili V markali protivogazi, rezina qo'lqopi va himoya ko'zoynagi bo'lishi kerak.

Nazorat uchun savollar

1. Azotning xalq xo'jaligidagi ahamiyatini ayting.
2. Havoni qisish qurilmasining tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
3. Ikki qavatli rektifikatsiyalash orqali havoni ajratish jihozining tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
4. Nitrat kislota fizik-kimyoviy xossalari ayting.
5. Nitrat kislota ishlab chiqarishning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.
6. Ammiakni kontaktli oksidlashning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.
7. Suyultirilgan nitrat kislota ishlab chiqarish jarayonini tushuntiring.
8. 7-10 atm bosim ostida suyultirilgan nitrat kislota ishlab chiqarish uchun qurilmaning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
9. Konsentrlangan nitrat kislota olishning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.

IX-bob

FOSFAT KISLOTA ISHLAB CHIQRISH NAZARIYASI VA TEXNOLOGIK HISOBLARI

1- §. Fosforning kislorodli birikmalari

Fosfor kislotalari. Fosforning quyi oksikislotalari. Fosfit va fosfat anhidridlar suv bilan ta'sirlashib, bir qator: metafosfit HPO_2 ($\text{P}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), fosfit H_3PO_3 ($\text{P}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), metafosfat HPO_3 ($\text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$), pirofosfat $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ($\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) va ortofosfat H_3PO_4 ($\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) kislotalarni hosil qiladi. Fosforning boshqa, masalan, gipofosfit H_3PO_2 , pirofosfit $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_5$, gipofosfat $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$, nadfosfat $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_8$ kabi kislotalari esa fosfor yoki ularning tuzlaridan olinadi. Bundan tashqari, poli-, piro- va metakislotalar deb ataladigan turli xildagi fosfor kislotalarining degidratlanish va polimerlanish mahsulotlari ham ma'lumdir. Barcha turdagi fosfor kislotalari ichida ortofosfat kislota (texnikada fosfat kislotasi deb yuritiladi) va uning degidratlanish (yoki P_2O_5 ning gidratlanish) mahsulotlari: piro-, tripoli- va tetrapolifosfat kislotalar muhim ahamiyat kasb etadi. Ular yuqori oksidlanish darajali kislotalar hisoblanadi.

Quyi oksidlanish darajali fosfor kislotalari fosforning quyi kislorodli kislotalari deb ataladi. Ular qizdirilganda parchalanib, yuqori va quyi oksidlanish darajali fosfor birikmalariga aylanadi.

Gipofosfit kislota H_3PO_2 yoki $\text{H}(\text{H}_2\text{PO}_2)$ – bir negzli kuchli kislota bo'lib, H^+ va H_2PO_2^- ionlariga dissotsilanadi. Bu kislota gigroskopik oq kristallardan iborat bo'lib, uning $17,4^\circ\text{C}$ dagi zichligi $1,46 \text{ g/sm}^3$ ga teng; $26,5^\circ\text{C}$ da suyuqlanadi; suvda yaxshi eriydi. H_3PO_2 ni 50°C dan yuqori haroratda qizdirilganda parchalana boshlaydi:



Parchalanish mahsulotlarining tarkibida, shuningdek, fosfit kislota, elementar fosfor va boshqalar bo'lishi mumkin. Gipofosfit kislota – kuchli qaytaruvchi va hattoki xona haroratida ham parchalanib vodorod va fosfit kislotaga aylanadi.

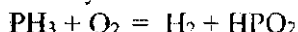
Gipofosfit kislota uning tuzlari – gipofosfitlar (konsentrlangan ishqor eritmalarini fosfor bilan qo'shib qizdirish orqali olingan mahsulot) ga mineral kislotalarni ta'sir ettirib hosil qilinadi.

Fosfit kislota H_3PO_3 yoki $\text{H}_2(\text{HPO}_3)$ – P_2O_3 ni suv bilan ta'sirlashishi natijasida yoki fosforning nam havoda juda sekin oksidlanishi natijasida, shuningdek, gipofosfit kislotani havo kislorodi ta'sirida oksidlash natijasida hosil qilinadi. Uning olinishida fosfinni vakuum sharoitida quruq holdagi kislorod bilan oksidlanishi va ayniqsa, fosfor(III)-xloridning gidrolizi muhim ahamiyat kasb etadi. Ko'p miqdordagi reaksiya mahsulotlari (H_3PO_4 va HCl) ishtirokidagi PCl_3 ning gidrolizi 80–100°C haroratda 80% ga yetadi.

Toza fosfit kislota – rangsiz kristall (21°C dagi zichligi 1,65 g/sm³) bo'lib, havoda tutaydi, 40,1°C da suyuqlanadi va suvda yaxshi eriydi.

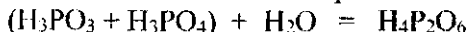
Fosfit kislota qizdirilganda fosfat kislota va uning (PH_3 gacha) qaytarilgan mahsulotlari hosil bo'lishi bilan parchalanadi. Uning oksidlanishi natijasida to'la fosfat kislota aylanadi. Bunda u qaytaruvchi bo'lib, lekin undagi qaytaruvchilik xossasi gipofosfit kislota nisbatan kuchsiz ifodalangan bo'ladi. Fosfit kislota tuzlari – fosfitlar ham qaytaruvchi xossasini namoyon qiladi.

Metafosfit kislota HPO_2 yoki $\text{P}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ fosfit angidridga stexiometrik nisbatdagi suv ta'sir ettirish yoki vakuum sharoitida fosfinni chala oksidlanishi natijasida mayda kristallar ko'rinishida hosil qilinadi:



Havoda va ayniqsa, namlik ta'sirida, metafosfat kislota xuddi fosforning boshqa quyi oksikislotalari singari parchalanadi va fosfit hamda fosfat kislotalariga aylanadi.

Gipofosfat kislota H_2PO_3 yoki $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$ elementar fosforning nam havoda sekinlik bilan oksidlanishi natijasida hosil bo'ladi. Uni fosfit kislota fosfat kislota oksidlanishining oraliq jarayon mahsuloti deb tasavvur etish mumkin. Shuning uchun uni fosfit va fosfat kislotalarga bir molekula suvning birikish mahsuloti sifatida qaralishi mumkin:



Suvli eritmalarda, ayniqsa, qizdirish natijasida $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$ parchalanib, H_3PO_3 va H_3PO_4 ga aylanadi. Gipofosfat kislota suvsiz va digidrat holatidagi kristallar hosil qiladi. Suvsiz $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$ – oq kristall modda bo'lib, 70°C da suyuqlanadi va suvda yaxshi eriydi. Digidrat $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ esa 62–62,5°C da suyuqlanadi. Qattiq holatdagi gipofosfit kislota xona haroratida sekinlik bilan parchalanib, fosfor kislotalarining aralashmasini hosil qiladi. Uning suvli eritmali esa hattoki qizdirilganda va

qaynatilganda ham ancha vaqtgacha barqaror bo'ladi. $H_4P_2O_6$ ning konsentrlangan eritmalarini $30^\circ C$ dan yuqori haroratda qizdirilgandagina parchalana boshlaydi.

Gipofosfat kislota – to'rt asosli kislota. Uning $25^\circ C$ dagi dissotsilanish konstantalari quyidagicha bo'ladi: $K_1 = 6 \cdot 10^{-3}$; $K_2 = 1,5 \cdot 10^{-3}$; $K_3 = 5,4 \cdot 10^{-8}$; $K_4 = 0,93 \cdot 10^{-10}$.

Gipofosfit kislota tuzlari – gipofosfitlar o'zining kimyoviy tarkibi va xossalriga ko'ra, fosfit va fosfat kislotalarning oraliq tuzlariga mos keladi. Ular fosfit kislotasi tuzlariga nisbatan qizdirish ta'siriga ancha bardoshli va juda oz miqdorda parchalanadi.

2-§. Fosfat kislota va uning xossalari

Fizik xossalari. Toza holatdagi ortofosfat (yoki soddaroq aytilganda fosfat) kislota rangsiz prizmatik kristall bo'lib, $42,35^\circ C$ da suyuqlanadi va suvda yaxshi eiydi.

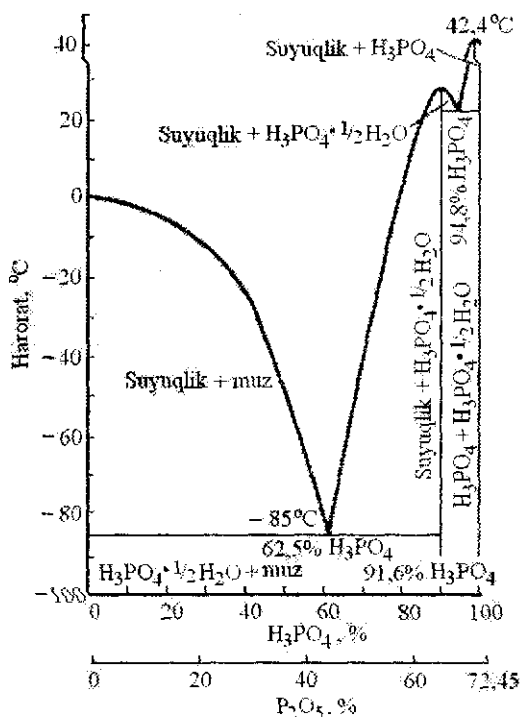
Odatda uni quyuq, moysimon suyuqlik holatida olinadi, undan sovutish orqali kristall mahsulot ajratib olinadi. Ko'p hollarda kristallanish faqatgina kristallantiruvchi qo'shimcha (zatravka) qo'shilgandagina amalga oshadi. Buni fosfat kislotaning $-121^\circ C$ gacha qayta sovutish orqali suyuqlikning shishasimon holatga o'tishga va $13^\circ C$ gacha sovutish orqali $1,88 \text{ g/sm}^3$ zichlikka ega bo'lgan moysimon suyuqlikka aylanishga moyilligi orqali izohlanadi.

Ozgina miqdordagi suvning ishtiroki kislota suyuqlanish haroratining pasayishiga olib keladi va uning kristallanishi sekinlashadi. Kristallanish jarayoni $29,32^\circ C$ da suyuqlanadigan yarimgidratli fosfat kislota $H_3PO_4 \cdot 0,5H_2O$ hosil bo'lishida tezlashadi.

Fosfat kislota har qanday konsentratsiyadagi suvli eritmalarıni hosil qiladi. $0,5^\circ C$ haroratda suvda 78.7% H_3PO_4 eriydi, $29,3^\circ C$ haroratda esa tarkibida 91,6% H_3PO_4 bo'lgan $H_3PO_4 \cdot 0,5H_2O$ inkongurent suyuqlanadi (9.1-rasm). $H_3PO_4 - H_2O$ sistemasining holat diagrammasidan ham H_3PO_4 va $H_3PO_4 \cdot 0,5H_2O$, shuningdek, kristallogidratdan evtetikalarning hosil bo'lish sharoitini ko'rish mumkin.

Suyuq holatdagi fosfat kislotaning $25^\circ C$ da $1,8741 \text{ g/sm}^3$ zichlikka ega bo'lib, $261^\circ C$ da qaynaydi. Haroratning ortishi bilan uning qovushqoqligi -263 spz dan ($20^\circ C$ da) $4,7 \text{ spz}$ gacha ($180^\circ C$ da) keskin kamayadi.

Fosfat kislota eritmalarining konsentratsiyasi ortishi bilan uning xossalari keskin o'zgaradi – ularning zichligi va qovushqoqligi ortadi va issiqlik sig'imi pasayadi.

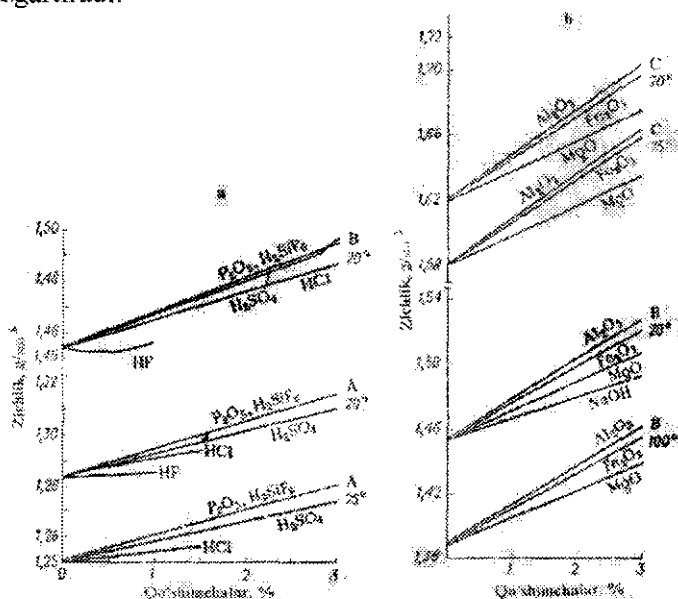


9.1-rasm. $\text{H}_3\text{PO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ sistemasining holat diagrammasi.

Qo'shimcha anionlar ishtirokida fosfat kislota suvli eritmalarining zichligi ortadi (9.2-rasm, a), ammo kislota P_2O_5 miqdorining ekvivalent ortishiga nisbatan sezilarli darajada bo'ladi. Tarkibida 30 va 43% P_2O_5 bo'lgan boshlang'ich kislota qo'shimcha 1–3% P_2O_5 kiritilganda, xuddi shunday miqdordagi sulfat kislota qo'shilgandagiga nisbatan eritma zichligining ko'proq ortishiga olib keladi. HCl yoki HF ishtirokida fosfat kislota eritmasining zichligi sezilarli darajada o'zgarishi (xuddi qo'shimcha P_2O_5 kiritilgandagi kabi), unga H_2SiF_6 kiritilganda kuzatiladi.

Tarkibida ma'lum miqdorda sulfat kislota bo'lgan fosfat kislota eritmasining zichligi undagi Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , NaOH va KOH kabi

qo'shimchalarning ko'payishi bilan ortadi (9.2-rasm, b). Eritma zichligining ortishiga Al_2O_3 va Fe_2O_3 larning ishtiroki sezilarli darajada, ishqoriy metall ionlari esa sezalarsiz darajada ta'sir ko'rsatadi. Masalan, fosfat kislota eritmasi (45% P_2O_5) da Fe_2O_3 ning miqdori 3,25% gacha ortishi bilan, eritmaning 20°C dagi zichligi 1,442 dan 1,556 g/sm³ gacha, 70°C da esa – 1,410 dan 1,524 g/sm³ gacha ortadi. Tarkibidagi SO_4^{2-} miqdori (Fe_2O_3 miqdoriga taqqoslanganda) ikki marta oshirilgan fosfat kislota eritmasining zichligi taxminan shunday kattalikka ortadi. Tarkibiga 7% gacha sulfat-ionining kirishi fosfat kislota eritmasining zichligini 20°C da 1,442 dan 1,532 g/sm³ gacha, 70°C da esa – 1,410 dan 1,496 g/sm³ gacha o'zgartiradi.



9.2-rasm. Kislotalar (a), oksidlar va ishqorlar (b) ishtirokida fosfat kislotali eritmalar zichligining o'zgarishi.

Boshlang'ich kislota: A – 30% P_2O_5 va 2% H_2SO_4 ; B – 43% P_2O_5 va 3% H_2SO_4 ; C – 54% P_2O_5 va 6% H_2SO_4 bo'ladi.

Tarkibida qo'shimchalari bo'lmagan fosfat kislota eritmaları uchun yetarli aniqlikdagi zichlik qiymatlari quyidagi tenglamalar asosida hisoblanishi mumkin:

- tarkibida 60–83% H_3PO_4 bo'lgan kislotalar uchun:

$$\rho = (0,7972 + 0,01472x) - (3,3 \cdot 10^{-4} + 8,0 \cdot 10^{-6}x)t \quad (9.1)$$

tarkibida 85–122% H_3PO_4 bo'lgan kislotalar uchun:

$$\rho = (0,7102 + 0,01617x) - (11,7 \cdot 10^{-4} - 6,0 \cdot 10^{-6}x)t \quad (9.2)$$

Bu yerda, x – kislota konsentratsiyasi, % P_2O_5 ; t – harorat, $^{\circ}C$ ($t = 25$ – $160^{\circ}C$ da).

- 11–55% H_3PO_4 bo'lgan kislotalar uchun esa:

$$\rho = A - B \cdot t \quad (9.3)$$

A va B kattaliklar qiymatlari quyida keltirilgan:

H_3PO_4	11,0	13,1	22,9	27,6	55,1
A	1,077	1,085	1,151	1,185	1,399
$B \cdot 10^6$	509	493	520	578	640

Qo'shimchalar ishtirokida fosfat kislota eritmalarining qovushqoqligi ham kislotaga qo'shiladigan anion yoki kationning tabiatiga bog'liq holda ortadi (9.3-rasm). Kislotaga xlor va fluor ionlarining kiritilishi uning qovushqoqligining ortishiga amaliy ta'sir ko'rsatmaydi. Kislotalarning qovushqoqligi $H_2PO_4^{2-}$ ishtirokida birmuncha ko'proq, HSO_4^- va SiF_6^{2-} ishtirokida birmuncha kamroq ortadi. Kislotalarning qovushqoqligiga Fe^{3+} , Al^{3+} , Mg^{2+} , Na^+ ionlarining ta'siri amalda bir xil bo'ladi, ammo kaliy ionlarining ishtirokida yuqoridagi keltirilgan ionlarning ishtirokidagiga nisbatan eritma qovushqoqligining anchagina kam darajada ortishiga olib keladi. Fosfat kislota eritmasi (45% P_2O_5) tarkibida 3,25% Fe_2O_3 bo'lishi qovushqoqlikning qariyb 2,5 marta, H_2SO_4 ishtirokida esa 1,5 marta ortishiga olib keladi.

Tarkibida qo'shimchalari bo'lmagan fosfat kislota eritmaları (25–60% P_2O_5) uchun yetarli aniqlikdagi qovushqoqlik qiymatlari quyidagi tenglama asosida hisoblanishi mumkin:

$$\eta = A + 10^{B+Cx} \quad (9.4)$$

Bu yerda, x – kislota konsentratsiyasi, % P_2O_5 ;

$$\lg A = 0,479 - 0,107t$$

$$B = -0,832 - 0,0038t \quad (t = 20 - 47^{\circ}C \text{ da});$$

$$B = -1,015t \quad (t = 47 - 63^{\circ}C \text{ da});$$

$$B = -1,183t + 0,00266t \quad (t = 63 - 110^{\circ}C \text{ da});$$

$$C = 0,0450 - 0,000185t \quad \text{ga teng.}$$

Tarkibida qo'shimchalari bo'lmagan fosfat kislota eritmaları (7–60% P_2O_5) ning bug' bosimi quyidagi Klauzius-Klayperon tenglamasi asosida hisoblanishi mumkin:

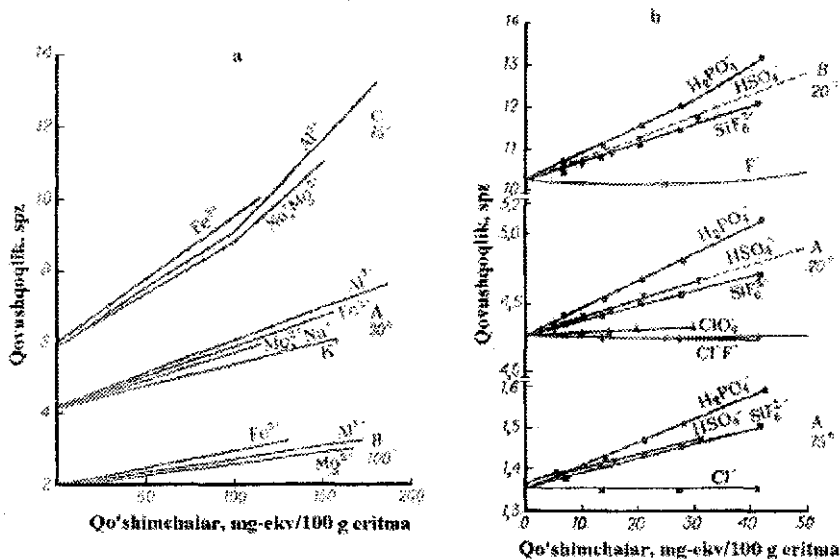
$$\lg P = -\frac{A}{T} + B \quad (9.5)$$

bu tenglamadagi A va B koeffitsientlar qiymatlari quyida keltirilgan:

P_2O_5 , %	20	25	30	35	40	45	50
A	2343,5	1987,1	1841,1	2600	2591,4	2453,4	3210,2
B	9,0989	8,0894	7,5166	9,7610	9,6721	9,1226	11,2839

$\lg P - 1/T$ yoki $P - f(T)$ o'rtasidagi bog'lanish grafigi bilan abssissalar o'qi orasidagi burchak (α) tangensi orqali eritmaning bug'lanish issiqligi quyidagi tenglama asosida hisoblanadi:

$$\Delta H = -2,3 \cdot R \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (9.6)$$

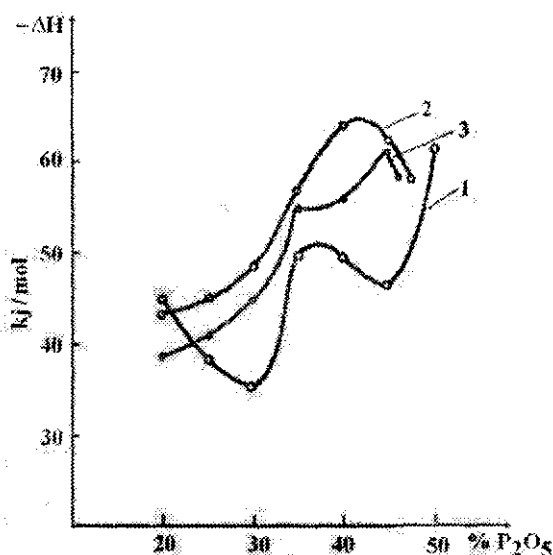


9.3-rasm. Kationlar (a) va anionlar (b) ishtirokida fosfat kislotali eritmalar qovushqoqligining o'zgarishi.

Boshlang'ich kislotada: A – 30% P_2O_5 va 2% H_2SO_4 ; B – 43% P_2O_5 va 3% H_2SO_4 ; C – 54% P_2O_5 va 4% H_2SO_4 bo'ladi.

Fosfat kislotada eritmasi konsentratsiyasining ortishi bilan bug'lanish issiqligi ekstremal (maksimum va minimumli) ravishda o'zgaradi (9.4-rasm). Xuddi shunday konsentratsiyadagi fosfat kislotada eritmasiga $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ qo'shimchasi (uning miqdori ham kislotada konsentratsiyasi

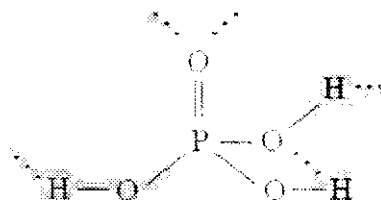
ortishi bilan ekvivalent suratcha ortadi) ning kiritilishi natijasida bug'lanish issiqligi keskin ravishda ortadi. Bu holatni eritmaning to'yinishi bilan izohlanishi mumkin. Lekin doimo kislotadagi qo'shimchalarning tarkibi va miqdorining ortishi bug'lanish issiqligining ortishiga sabab bo'ladi deb tushunish to'g'ri bo'lavermaydi. Masalan, fosfat kislotasining $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ qo'shimchasi bilan hosil qilgan eritmaga kislota konsentratsiyasi ortib borishiga muvofiq holda ma'lum miqdordagi ammoniy nitrat NH_4NO_3 kiritilganda, eritma bug'lanish issiqligining ammoniy nitratsiz eritma bug'lanish issiqligiga nisbatan sezilarli darajada pasayishi kuzatiladi. Buni eritmada bo'ladigan kislota va tuz molekullari orasidagi kimyoviy va fizik-kimyoviy ta'sirlashuv jarayonlari orqali izohlanishi mumkin.



9.4-rasm. Fosfat kislotali eritmalar bug'lanish issiqligining eritma konsentratsiyasiga bog'liqligi:

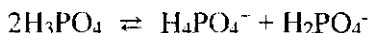
- 1 – H_3PO_4 , H_2O ; 2 – H_3PO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, H_2O ;
3 – H_3PO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, NH_4NO_3 , H_2O .

Kimyoviy xossalari. Fosfat kislota va uning kristallogidratlari vodorod bog'lanish orqali bog'langan tetraedrik tuzilishli PO_4 guruhdan tarkib topgan bo'ladi (9.5-rasm).



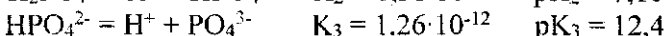
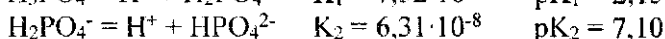
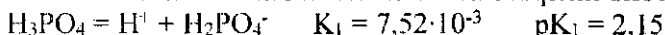
9.5-rasm. Suvsiz ortofosfat kislotaning tuzilishi.

Bu struktura H_3PO_4 konsentrlangan eritmasi qiyomsimon holatining tuzilishini ifodalaydi. Tarkibida 50% dan H_3PO_4 bo'lgan eritmalarida fosfat anionlari bir-biriga birikishiga nisbatan suv bilan osonlikcha birikadi. Fosfat kislota $350\text{--}450^\circ\text{C}$ dan yuqori haroratda kuchsiz oksidlovchi hisoblanadi. Suyuqlantirilgan holatda u sezilarli darajadagi elektr o'tkazuvchanligiga ega. Bunda:



jarayon sodir bo'lishi ehtimoldan holi emas.

Fosfat kislota suvli eritmalarida uch asosli va bosqichli dissotsilanadi:



$0\text{--}60^\circ\text{C}$ haroratda birinchi bosqich dissotsiatsiya konstantasi quyidagi tenglama bo'yicha hisoblanishi mumkin:

$$-\lg K_1 = 799,31/T - 0,013486T - 4,5535 \quad (9.7)$$

$0\text{--}50^\circ\text{C}$ haroratda ikkinchi bosqich dissotsiatsiya konstantasi quyidagi tenglama bo'yicha ifodalanadi:

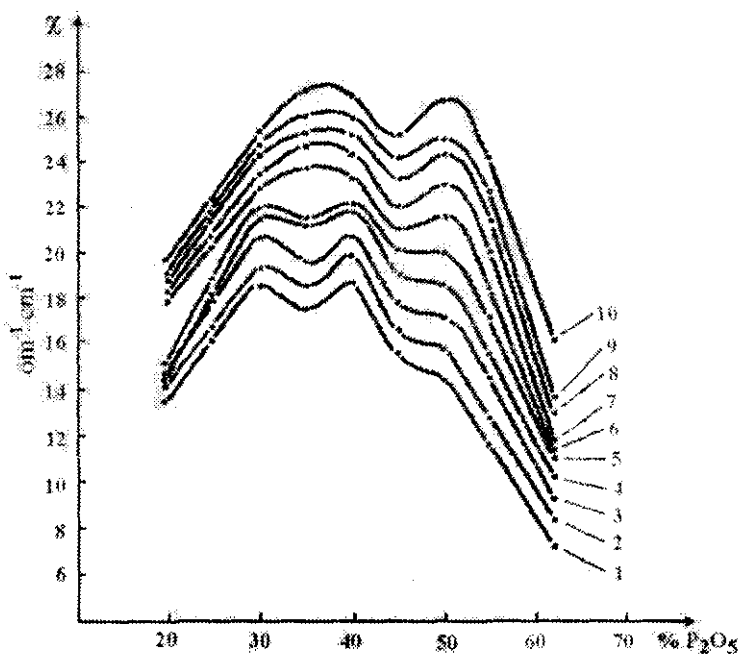
$$-\lg K_2 = 2073,0/T - 0,020912T - 5,9884 \quad (9.8)$$

bu yerda, T – harorat, $^\circ\text{K}$.

Fosfat kislotaning elektr o'tkazuvchanligini aniqlash orqali ham bu kattalikning uning konsentratsiyasiga ekstremal (maksimum va minimumli) ravishda bog'liqligini kuzatish mumkin (9.6-rasm). $25\text{--}45^\circ\text{C}$ da fosfat kislotaning konsentratsiyasi 30% P_2O_5 ga yetganda uning elektr o'tkazuvchanligi eng yuqori qiymatga erishadi (9.6-rasmdagi 1-maksimum). Bunda fosfat kislota molekularining eng ko'p miqdori dissotsilanadi. Eritma konsentratsiyasining yanada (35% P_2O_5 gacha) ortishi natijasida elektr o'tkazuvchanlik kamayadi. Bunda ionlanishga nisbatan ko'proq suratda qarama-qarshi ionlar (H_2PO_4^- va H^+) ning o'zaro to'qnashuvi natijasida fosfat kislota molekularining hosil bo'lish jarayoni

sodir bo'ladi. Haroratning 50-70°C ga ko'tarilishi natijasida 1-maksimumning 35-40% P_2O_5 konsentratsiyali eritma tomonga siljishini, haroratning ko'tarilishi natijasida moddalar eruvchanligining (yanada to'g'rirog'i dissotsilanishining) ortishi orqali izohlanishi mumkin.

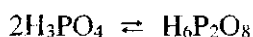
Tarkibida 6,5% dan ko'p P_2O_5 bo'lgan fosfat kislotaning bir qismi monomer H_3PO_4 ga nisbatan kuchli kislotali xossaga ega bo'lgan dimer $H_6P_2O_6$ ni hosil qiladi. 10 M (~36% P_2O_5) H_3PO_4 eritmasi tarkibida (g-ion/l hisobida): 3,755 H^+ , 0,0598 $H_2PO_4^-$, 3,6955 $H_5P_2O_8^-$ va (mol/l hisobida): 0,6393 H_3PO_4 va 0,9549 $H_6P_2O_6$ bo'ladi. Bundan ko'rinadiki, monomerning dissotsilanishidan hosil bo'lgan vodorod ionining miqdori uning umumiy miqdoriga nisbatan atigi ~1,6% ini tashkil etadi (buni $H_2PO_4^-$ va H^+ miqdorlarini solishtirish orqali anglab olish qiyin emas).



9.6-rasm. Fosfat kislota eritmasining elektr o'tkazuvchanligining harorat bo'yicha konsentratsiyaga bog'liqligi:

1 – 25°C	2 – 30°C	3 – 35°C	4 – 40°C	5 – 45°C
6 – 50°C	7 – 55°C	8 – 60°C	9 – 65°C	10 – 70°C.

Demak, eritmadagi ionlarning o'zaro birikib, H_3PO_4 molekulari hosil bo'lishi bilan bir vaqtda monomerning dimerga aylanish jarayoni ham sodir bo'ladi:



Dimerlanish natijasiga eritmadagi fosfat kislota molekularining kamayishi hisobiga dimerning dissotsilanishi kuchayadi. Shuning uchun 25-45°C haroratda eritma konsentratsiyasi 35% P_2O_5 dan 40% P_2O_5 ga ortgan sayin elektr o'tkazuvchanlikning ortishi kuzatiladi va 2-maksimumga erishadi. Eritma haroratining (50-70°C ga) ko'tarilishi natijasida fosfat kislotalari eritmalarda dimerning to'la dissotsilanishi:



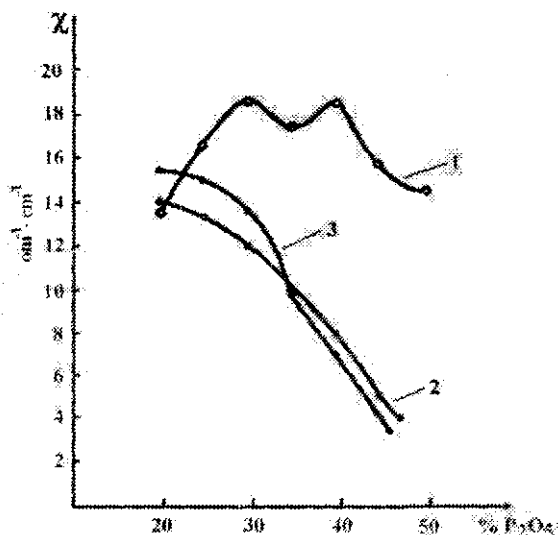
50-52% P_2O_5 li konsentratsiyada kuzatiladi (2-maksimum holati).

Eritma konsentratsiyasining 50-52% P_2O_5 dan yanada ko'tarilishi eritmaning ionlarga to'yinishi hisobiga elektr o'tkazuvchanlikning pasayishiga olib keladi. 25-45°C haroratli eritmada bu jarayon bir tekisda kechmaydi, chunki fosfat kislota eritmasining to'yinishi hisobiga nafaqat dimerlanish, balki trimerlanish, tetramerlanish va hokazo polimerlanish jarayonlari ham sodir bo'lishi mumkin.

Fosfat kislota eritmasiga suvda eriydigan boshqa komponentlarning kiritilishi hisobiga uning elektr o'tkazuvchanligining keskin kamayishini kuzatish mumkin (9.7-rasm). Masalan, fosfat kislota eritmasiga $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ning kiritilishi hisobiga eritmaning to'yinishi tezlashadi va elektr o'tkazuvchanlik keskin kamayadi. Tarkibida $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ qo'shimchasi bo'lgan fosfat kislotali eritmaga NH_4NO_3 tuzining qo'shilishi natijasida sodir bo'ladigan komponentlar o'rtasidagi kimyoviy va fizik-kimyoviy jarayonlar tufayli elektr o'tkazuvchanlikning birmuncha ortishi kuzatiladi.

Yuqorida tanishib o'tilgan xususiyatlar fosfat kislotalarining boshqa mineral kislotalardan o'ziga xos xossasi bilan ajralib turishini ko'rsatadi va uning bu xossalarini fosforli o'g'itlar ishlab chiqarish jarayonlarining texnologik parametrlari tanlashda e'tiborga olinadi.

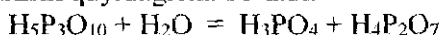
Ortofosfat kislota fosfat anhidrid gidratatsiyasining oxirgi mahsuloti hisoblanadi. Fosfat anhidridning suv bilan bosqichli ta'sirlashuvi – gidratlanish darajasi bilan farqlanadigan bir qator fosfat kislotalari hosil bo'lishi bilan boradi. Fosfat anhidridning 5 ta asosiy gidratlari: ortofosfat kislota H_3PO_4 ($P_2O_5 \cdot 3H_2O$), pirofosfat kislota $H_4P_2O_7$ ($P_2O_5 \cdot 2H_2O$), tripolifosfat kislota $H_5P_3O_{10}$ ($3P_2O_5 \cdot 5H_2O$), tetrapolifosfat kislota $H_6P_4O_{13}$ ($2P_2O_5 \cdot 3H_2O$), metafosfat kislota $(HPO_3)_n$ ($P_2O_5 \cdot H_2O$) mavjuddir.



9.7-rasm. Fosfat kislotali eritmalar elektr o'tkazuvchanligining eritma konsentratsiyasiga bog'liqligi:

- 1) $\text{H}_3\text{PO}_4\text{--H}_2\text{O}$; 2) $\text{H}_3\text{PO}_4\text{--MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O--H}_2\text{O}$;
- 3) $\text{H}_3\text{PO}_4\text{--MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O--NH}_4\text{NO}_3\text{--H}_2\text{O}$.

Fosfat angidridning gidratlanishini quyidagicha tasavvur etish mumkin: dastlab tetrametafosfat kislota $(\text{HPO}_3)_4$ yoki $\text{H}_4\text{P}_4\text{O}_{12}$ ga, so'ngra tetrapolifosfat kislota aylanadi; keyingi gidratlanish jarayonlarida ortofosfat va tripolifosfat kislotalar aralashmasi hosil bo'ladi. Tripolifosfat kislotalarning gidratlanishi quyidagicha bo'ladi:



Nihoyat pirofosfat kislota suvni biriktirib olib, gidratatsiyaning oxirgi mahsuloti – ortofosfat kislota aylanadi.

Fosfat kislotalarning bir-biriga aylanishi qaytar jarayondir. Fosfat kislotalarni 284°C haroratda qizdirilganda qisman pirofosfat kislota aylanadi:

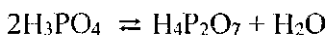


Haroratni 400°C gacha ko'tarish orqali qizdirishni davom ettirish natijasida suvning ajralishi hisobiga shishasimon metafosfat kislota hosil bo'ladi:



Gidratatsiya jarayoni siklik metafosfat kislota hosil bo'lishi bilan tugaydi.

Tarkibida ~68,7% gacha P_2O_5 bo'lgan eritmada asosan suv va ortofosfat kislota bo'ladi. Pirofosfat kislotaning dastlabki sezilarli miqdorlarini tarkibida 68,8% P_2O_5 , ya'ni mol nisbati $H_2O:P_2O_5 = \sim 3,6$ ga teng bo'lgan eritmadan aniqlash mumkin. 100% li suyuq ortofosfat kislota ($H_2O:P_2O_5 = 3$) da P_2O_5 umumiy miqdorining 12,7% i pirofosfat kislota shaklida bo'ladi. Fosfat kislota eritmasida qo'shimchalarning (ayniqsa kristallogidrat hosil qiluvchi tuzlar) bo'lishi 68,7% (P_2O_5) dan kichik konsentratsiyali fosfat kislota eritmalarida ham pirofosfat va hattoki, polifosfat kislotalarini ham bo'lishini ta'minlaydi. Shuning uchun yuqori konsentratsiyali kislotalarni ortofosfat holatida saqlash uchun:



muvozanatni chapga siljitish maqsadida ortiqcha miqdordagi suv ($H_2O:P_2O_5 > 3$) talab etiladi.

72,4% P_2O_5 dan katta konsentratsiyali fosfat kislotali eritmalar tarkibida polianion zarrachalar bo'ladi. Shuning uchun ularni kondensirlangan fosfat kislotalari, tuzlarini esa polimerli yoki kondensirlangan fosfatlar yoki (olinish usuliga ko'ra) degidratlangan fosfatlar deyiladi.

Hozirgi paytda fosfat kislota bilan bir qatorda orto-, piro-, tripoli-, tetrapoli- va boshqa oktapoli- va nonapolifosfat kislotalarigacha bo'lgan aralashmadan iborat superfosfat yoki polifosfat kislotalari ishlab chiqariladi. Tarkibida ~76% P_2O_5 (~105% H_3PO_4) bo'lgan superfosfat kislotada: 49% P_2O_5 – ortofosfat holatida, 42% P_2O_5 – pirofosfat holatida, 8% P_2O_5 – tripolifosfat holatida va 1% i esa tetrapolifosfat kislota holatida bo'ladi. Superfosfat kislotalariga begona qo'shimchalarning kirishi natijasida fosfat kislotalar kondensirlangan shakllari miqdorlarining ortishini kuzatish mumkin.

Superfosfat kislotalari suyuq suspenziyalı o'g'itlar va sintetik yuvuvchi vositalar ishlab chiqarishda muhim amaliy ahamiyatga egadir.

Fosfor – tabiatda keng tarqalgan elementdir. Uning yer qobig'idagi miqdori og'irlik bo'yicha 0,08-0,12% ni yoki yer qobig'idagi atomlarning umumiy soni bo'yicha ~0,07% ni tashkil qiladi.

Elementar fosfor va uning oksidlari yuqori kimyoviy aktivlikka ega bo'lganligi sababli u yer qobig'ida kimyoviy barqaror, suvda va tuproq eritmalarida erimaydigan minerallar shaklida bo'ladi. Bu minerallar tarqoq va ba'zan esa yirik to'planishlar tarzida uchraydi.

Priyanishnikov ma'lumotlariga ko'ra, 20 sm chuqurlikkacha 1 ga tuproqdagi fosforning zaxirasi 300 dan 6000 kg gachani tashkil etadi.

3-§. Elektrotermik usulda fosfat kislotasi ishlab chiqarish

Fosfatlarni termik qayta ishlash. Fosfor elektrotermik usulda – uni yuqori haroratli elektropechlarda tabiiy fosfatlardan ko'mir yordamida qaytarish orqali olinadi. Elektropechlardan chiqadigan fosfor bug'larini kondensatsiyalash orqali suyuq fosfor va uni tashqi muhit haroratigacha sovutish natijasida qattiq mahsulot olinadi. Suyuq fosfor va uning bug'larini oksidlash (yondirish) yo'li bilan fosfor(V)-oksid – P_4O_{10} va hosil bo'lgan mahsulotni gidratlash natijasida fosfat kislotasi olinadi. Shunday usulda hosil qilingan kislotasi termik fosfat kislotasi (TFK) deb ataladi.

Nisbatan tejimli, shu sababli keng tarqalgan fosfat kislotasi ishlab chiqarish, uni fosfatlardan sulfat kislotasi (yoki boshqa kislotalar bilan) ekstraksiyalash hisoblanadi. Bu holatda mahsulot ekstraksiya fosfat kislotasi (EFK) nomini oladi.

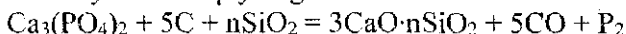
Fosfatlarni termik qayta ishlashning afzalligi – har qanday, shu bilan birgalikda past sifatli fosfatlardan ham yuqori tozalikdagi konsentrlangan (hattoki 100% P_2O_5 gacha) fosfat kislotalari olish imkoniyati bor. Kislotasi qayta ishlash uchun esa yuqori sifatli fosfatlar ishlatiladi, ammo shu o'rinda ham nisbatan past konsentratsiyali va ko'p miqdordagi qo'shimchalar bilan ifloslangan ekstraksiya fosfat kislotasi hosil qilinadi. Yetarli darajada toza bo'lishi lozim bo'lgan ozuqali va texnik fosfatlar, shuningdek, reaktivlarni termik fosfat kislotadan olish usullari ularni ekstraksiya kislotadan olishga nisbatan soddaroq va arzonroqdir. Termik fosfat kislotasi tannarxining qariyb 92% ini fosforning narxi tashkil etadi, chunki uni olishda elektr energiyasi sarfiga katta miqdordagi xarajat ketadi. Konsentrlangan fosforli o'g'itlar olish uchun esa arzon ekstraksiya kislotasi ishlatiladi.

Sanoatda tarkibida 73% dan kam bo'lmagan H_3PO_4 (52,9% P_2O_5) li A (ozuqali maqsad uchun) va B (texnik) markali mahsulot sifatidagi termik fosfat kislotasi ishlab chiqariladi. Reglament bo'yicha 1- va 2-nav texnik kislotadagi qo'shimchalarning miqdori mos holda (% da) quyidagicha: xloridlar 0,01 va 0,02; sulfatlar 0,015 va 0,02; nitratlar 0,0005 va 0,001, temir 0,01 va 0,015; og'ir metallar 0,002 va 0,005; mishiyaq 0,006 va 0,008 dan ko'p bo'lmashligi belgilanadi. Ozuqa maqsadlari uchun ishlab chiqariladigan kislotada esa (% da): mishiyaq 0,0003, qo'rg'oshin 0,0005, nitrat 0,0003 dan ko'p bo'lmashligi lozim.

Elektrotermik usulda fosfor olishning fizik-kimyoviy asoslari. Fosfor ishlab chiqarish uchun fosforit, flyus (kremnezem) va

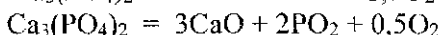
qaytaruvchidan (koks) iborat uch komponentli shixta ishlatiladi. Bu shixta xomashyoli elektrotermik pechlarda qayta ishlanadi. Fosfatli pech kimyoviy reaktor hisoblanadi, unda suyuqlanish va kimyoviy ta'sirlashuv jarayonlari sodir bo'ladi. Pechning reaksiya qismini shartli ravishda to'rtta qismga: yuqori – shixtani qizdirish va qattiq fazali reaksiyalar qismi; quyi – minerallarni suyuqlantirish, qattiq va qiyin suyuqlanadigan komponentlarni suyuqlanmada eritish hamda fosfat-kremniyli suyuq fazani hosil qilish qismi; yanada quyi – kalsiy fosfatni SiO_2 ishtirokida qaytarishning asosiy kimyoviy reaksiyasi amalga oshiriluvchi uglerodli qismi; eng quyi – shlak va ferrofosfor qismiga ajratish mumkin.

Kremnezem ishtirokida kalsiy fosfatni uglerod bilan fosforgacha qaytarishni umumiy holatda quyidagicha ifodalanadi:

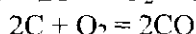
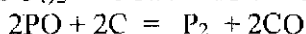
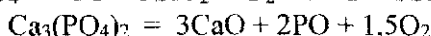
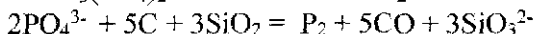
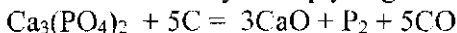


Bu 1000-1300°C haroratda katta miqdordagi (qariyb 1600 kJ/mol) issiqlikning yutilishi hisobiga boradigan endotermik reaksiyani, pechdan shlakni ajratib olishni osonlashtirish maqsadida 1400-1600°C da amalga oshiriladi.

Aslida kalsiy fosfatni qaytarilish mexanizmi murakkab bo'lib, jarayonning o'zi ko'p bosqichlidir. Zamonaviy tushunchalarga muvofiq bu mexanizmni quyidagicha talqin etilishi mumkin. Fosfat-kremniyli suyuqlanmada boshlang'ich fosfatli minerallarni eritish yoki suyuqlantirish natijasida hosil qilingan suyuqlanmada kalsiy fosfat kiritiladi. Suyuqlanmada $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ qisman Ca^{2+} , PO_4^{3-} , P^{5-} , O^{2-} ionlariga dissotsilanadi. Bundan tashqari, kalsiy fosfat PO va PO_2 hosil qilgani holda parchalanishi mumkin:



Shunday qilib, suyuqlanmada uglerodning sirtiga diffuziyanuvchi harakatchan fosfatli zarrachalar (molekulalar, ionlar) hosil bo'ladi. Gazlarning to'xtovsiz ajralishi va qisman konvektiv oqimi tufayli reaksiya qismida suyuqlanma bilan uglerodning ta'sirlashuvi uchun qulay sharoit yuzaga keladi. Bu ta'sirlashuv reaksiyasini quyidagicha ifodalash mumkin:



Birinci reaksiya dissotsilanmagan kalsiy fosfatning uglerod sirtida diffuziyanishiga bog'liq. Uning borishini ta'minlash uchun kontakt

qismdan CaO ni yo'qotib turilishi kerak, chunki kalsiy oksidning to'planishi reaksiyaning to'xtashiga olib keladi. Ikkinchi reaksiya bo'yicha qaytarilish tezligi kontakt qismda uglerod bilan SiO_2 ning o'zaro to'qnashishiga bog'liqdir. Qolgan reaksiyalar kalsiy fosfatning fosfor quyi oksidlari hosil qilib termik dissotsilanishi orqali sodir bo'luvchi jarayonlarni ifodalaydi.

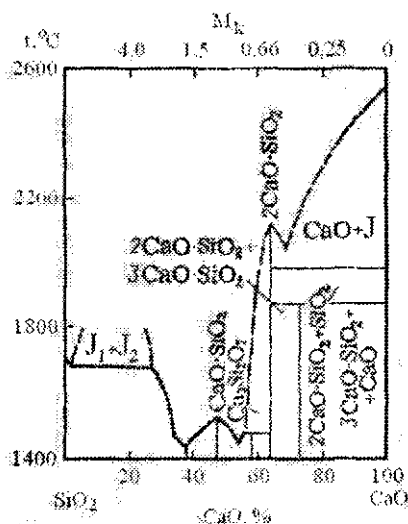
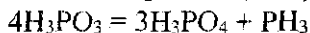
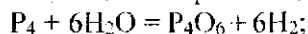
Shuni ham ta'kidlash lozimki, fosforning qaytarilish jarayonida SiO_2 yoki silikat ionlar hal qiluvchi vazifani o'taydi. Uning CaO bilan bog'lanishi hisobiga fosfatning dissotsilanishi tezlashadi va qiyin suyuqlanuvchan ($t_s=2580^\circ\text{C}$) kalsiy oksidning nisbatan oson suyuqlanadigan kalsiy silikat holatida yo'qotilishini ta'minlaydi, bunda suyuq holatdagi quyqum pechdan osonlik bilan chiqariladi.

Shunday qilib, qaytarilish sxemasida quyidagi jarayonlar shakllantiriladi: 1) boshlang'ich materiallar (shixta) ni suyuqlantirish va undan namlikni yo'qotish; 2) suyuqlanmaga kalsiy fosfat va kremniy oksid kiritish; 3) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ni yanada oddiy zarracha va ionlarga parchalash; 4) ularni uglerod sirtiga diffuziyalash; 5) silikat zarrachalarini uglerod sirtiga diffuziyalash; 6) uglerod bilan P_2 , CO va CaO hosil qilish orqali ta'sirlashish; 7) Reaksiya doirasidan CaO ni kalsiy silikat shaklida (SiO_3^{2-} ionlari bilan birgalikda) yo'qotish.

Kalsiy fosfatning uglerod bilan ta'sirlashuv tezligi harorat, kislotalilik moduli M_k ($\text{SiO}_2:\text{CaO}$ ning massa nisbati) va boshlang'ich materiallar sifati bilan aniqlanadi. Kislotalilik moduli va P_2O_5 miqdori bo'yicha shixta, pechdagi suyuqlanma va shlakning tarkibi haqida fikr yuritish mumkin. $\text{CaO} - \text{SiO}_2$ sistemaning holat diagrammasi ko'rsatilgan 9.8-rasmdan ko'rinadiki, M_k qiymatning 0 dan 2 gacha bo'lgan sohasida kalsiy ortosilikat $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ($t_s=2127^\circ\text{C}$), kalsiy diortosilikat $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2$ ($t_s=2580^\circ\text{C}$) va kalsiy metasilikat $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ($t_s=2580^\circ\text{C}$) mavjud bo'ladi. Tarkibida SiO_2 51,7% va 48,3% CaO bo'lgan kalsiy metasilikatning kislotalilik moduli 1,07 ga teng. Ko'rilayotgan sistemada minimal suyuqlanish harorati esa $M_k = 0,82$ ga to'g'ri keladi va 1447°C ga teng. Zamonaviy pech qurilmalari kislotalilik moduli 0,7-0,9 bo'lgan shixta bilan katta quvvatda ishlaydi. Bunda eng toza fosfor olinadi, elektroenergiya sarfi esa nisbatan ozdir. Ko'rsatilgan chegaradan katta M_k (SiO_2 ning ortiqcha bo'lishi) bilan ishlanganda shlakdagi P_2O_5 miqdorining ortishi, ya'ni fosfor yo'qotilishining ortishiga olib keladi.

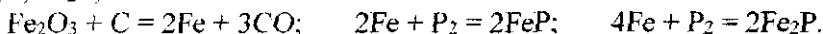
Kalsiy fosfatdan fosforning qaytarilishi shixtadagi qo'shimchalarning ishtirok etishi sabab bo'ladigan qo'shimcha: karbonat va sulfatlarning parchalanishi, sulfid va sulfatlardan vodorod sulfidning hosil bo'lishi va

boshqa jarayonlarning sodir bo'lishi bilan kechadi. Xomashyoda namlikning bo'lishi pechning yuqori doirasida fosfor gidridlari – fosfin PH_3 , difosfan P_2H_4 , ya'ni ma'lum miqdordagi fosforning yo'qotilishi hisobiga hosil bo'lishiga olib keladi. Yuqori haroratda PH_3 ni elementlardan to'g'ridan-to'g'ri sintez qilib bo'lmaydi. Lekin $400-1000^\circ\text{C}$ harorat chegarasida suv (shuningdek, CO_2) fosfor bug'lari bilan to'xtovsiz ta'sirlashadi va P_4O_6 , H_3PO_4 , PH_3 hosil qiladi:



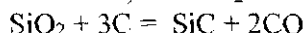
9.8-rasm. $\text{CaO} - \text{SiO}_2$ sistemaning holat diagrammasi.

Boshlang'ich xomashyo tarkibidagi temir birikmalarining qaytarilishi va pechda almashinuv jarayonlari sodir bo'lishi natijasida temir fosfidlari Fe_3P , Fe_2P , FeP hosil bo'ladi:

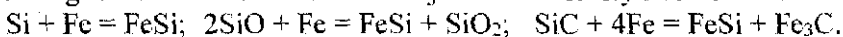


Pechdan ajratib olinadigan ferrofosfor deb ataluvchi temir fosfidlari aralashmasida 15–28% P bo'ladi. Uni pechdan suyuqlanma holatida yo'qotiladi.

Kremnezemning uglerod bilan ta'sirlashuvi elementar kremniy, kremniyning monooksidi va karbidi hosil bo'lishiga olib keladi:

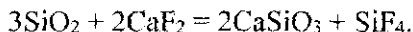


Ularining temir bilan ta'sirlashishi natijasida ferrosilisiy hosil bo'ladi:



Qaytarilgan kremniyning qariyb 40% i ferrosilisiyga o'tadi, qolgan 60% i pechdan chang tarzida chiqib ketadi.

Shlakdagi erkin SiO_2 miqdorining kamayishi, shuningdek, uning qayta ishlanadigan tabiiy fosfatlar tarkibidagi CaF_2 bilan ta'sirlashishi tufayli ham sodir bo'lishi mumkin:



Bu reaksiya natijasida ma'lum miqdordagi fluor shlakdan gazli fazaga o'tadi.

Pechdagi yuqori harorat ishqoriy metall oksidlarini bug'latish (vozgonka) imkoniyatiga ega. Ularning pechdan yo'qotilishi xomashyo tarkibidagi umumiy miqdorining 15% ini tashkil etadi.

Oq (sariq) fosforning olinishi. Oq (sariq) fosfor ishlab chiqarish sxemasiga: boshlang'ich xomashyo (fosforit, kvarsit, koks) ni qabul qilish; uni joylashtirish bo'yicha ishlar; rudalarni termik tayyorgarligi; shixtani tayyorlash; elektropechlarda fosfatning qaytarilishi, pechdan chiquvchi gazni tozalash va undan fosfor bug'larini kondensatsiyalash, tayyorlangan mahsulotni omborga uzatish kiradi.

Fosfor olish uchun, ko'pincha, nisbatan yuqori bo'lmagan miqdorda (21–23%) P_2O_5 tutgan, yuqori miqdorda (10% gacha) qumtuproq, ishqoriy metallar birikmalari, oltingugurt birikmalari va boshqa qo'shimchalari bo'lgan fosforitlar ishlatiladi. Flus sifatida esa tarkibida 92% dan ko'p SiO_2 , 2% dan kam Fe_2O_3 bo'lgan yuqori sifatli kvarsitlar ishlatiladi. Qaytaruvchi sifatida 80–85% uglerodli koks qo'llaniladi; uning zolligi 12% atrofida, oltingugurt miqdori 0,7% gacha bo'ladi.

Ko'pchilik hollarda jarayonning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari shixtani tashkil etuvchi komponentlar sifatiga bog'liqdir. Boshlang'ich materiallar zarrachalar o'lchami bo'yicha bir jinsli bo'lishi lozim. Ularning tarkibidagi karbonatlar va zararli qo'shimchalar (Fe_2O_3 , K_2O va boshqalar) ning miqdori minimal bo'lishi lozim. Karbonatlar miqdorining ko'p bo'lishi ularning dissotsilanishi uchun energiya sarfini va ajraladigan CO_2 ni CO gacha qaytarish uchun koks sarfini oshiradi.

Fosfatli xomashyo sifatini yaxshilash maqsadida dastlabki qayta ishlovdan o'tkaziladi. 10-70 mm o'lchamli bo'laklardan iborat rudani karbonatsizlantirish uchun teshikli shaxtali pechlarda kuydiriladi, mayda (bo'laklar o'lchami 10 mm dan kichik) bo'lakchalari namlangan holda

bog'lovchi materiallar (masalan, tuproq) bilan qorishtirilib guvalachalarga aylantiriladi va konveyerli kuydirish mashinalarida kuydiriladi.

Flus sifatida ishlatiladigan kremniyli fosfatli jinslar va koks oldindan quritiladi.

Shixta fosforit yoki apatitning (bo'laklar o'lchami 50-60 mm li) va koks yoki antratsitning (bo'laklar o'lchami 4-6 mm li) bo'laklaridan tarkib topgan bo'ladi. Xomashyo oldindan maydalanadi va quritiladi. Maydalashdan so'ng, elangan mayda ruda va mayda fraksiya aglomerlanadi yoki briketlanadi.

Fosfor olish uchun shixta o'lchash bo'linmalarida tayyorlanadi, u yerda mayda fraksiyalardan dastlabki elangan komponentlarni elektropechga uzatish uchun konveyerga belgilangan me'yorda (kimyoviy tahlil natijalariga muvofiq holda) beriladi. Shixta tarkibini hisoblashda fosforit (F) va kvarsit (K) nisbati tanlangan kislotalilik moduli va undagi CaO , MgO , SiO_2 va Al_2O_3 miqdori bo'yicha aniqlanadi:

$$\frac{K}{F} = \frac{M_k [\text{CaO} + \text{MgO}]_f - [\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3]_f}{[\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3]_k - M_k [\text{CaO} + \text{MgO}]_k}$$

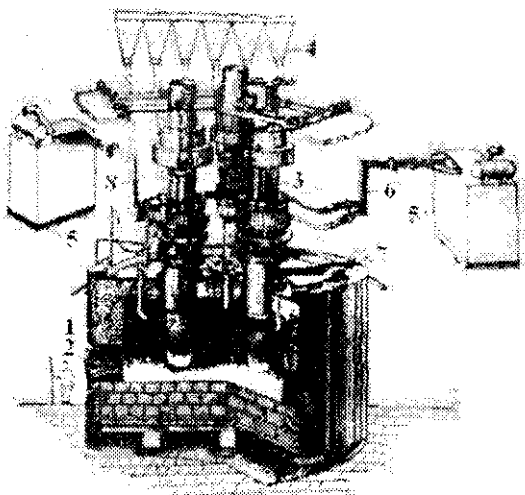
Bunda MgO ni bog'lash uchun qo'shimcha miqdordagi SiO_2 , Al_2O_3 ga esa shunga o'xshash flusda bo'lgan SiO_2 talab etilishini hisobga olish kerak. Agarda tabiiy fosfat tarkibidagi kremnezem miqdori yetarlicha bo'lmasa, shixtaga qo'shimcha miqdordagi yirik qum yoki maydalangan kvars qo'shiladi.

Belgilangan me'yordagi koksning berilishi fosfatning, uglerod dioksidning (CO gacha 80% ga), temir oksidining (80% ga) qaytarilish reaksiyasini va suvning CO va H_2 hosil qilishi orqali (80% ga) parchalanishini hisobga olgan holda amalga oshiriladi; bunda 10% gacha ortiqcha miqdordagi uglerod beriladi.

Kalsiy fosfatning fosforgacha qaytarilishi shixtaga ko'mir yoki grafit elektrodlar tushirilgan uch fazali elektrik pechlarda amalga oshiriladi (9.9-rasm). Qizdirish shixtaning qarshiligi hisobiga elektrodlar orasida hosil bo'ladigan elektr yoyi alangasida amalga oshiriladi. Pechning silindrik g'ilofiga qalinfli 20-25 mm bo'lgan uglerodli po'lat payvandlangan bo'ladi. Pechning ustki va reaksiya qismlarining orasi ko'mir bloklardan tayyorlangan.

Ko'mir elektrodleri uglerodli materiallar — toshko'mir, koks, uglerodli qoldiqlar va boshqalar aralashmasining toshko'mir smolasi bilan kuydirilishi orqali tayyorlanadi. Ular bilan 3-4 a/sm² tok zichligida ishlanadi. Grafitli elektrodlarda esa tok zichligi yuqoriroq (7-12 a/sm²)

bo'ladi. Elektrodlar diametri 1.4-1.7 m bo'ladi. Elektrodlar suv bilan sovutiladigan metall elektrod ushlagich yordamida pechga mahkamlanadi. Elektrodli materialning shixtaga botib turuvchi qismi reaksiya paytida qatnashib, o'z-o'zidan yo'qolib boradi. Shuning uchun vaqti-vaqti bilan elektrodلarni chiqarib olib o'stirib turiladi (boshqasi bilan almashtirib, unisini ta'mirlanadi). Ko'p hollarda o'z-o'zidan kuyuvchi elektrodlar qo'llaniladi. Ularning o'stirilishi reaksiya qismidagi harorat va shixtaga elektrod materiallarini kiritilishi hisobiga amalga oshiriladi.



9.9-rasm. Fosforni haydash uchun elektrodلari uchburchakli joylashgan uch fazali elektropech:

1 – pechning g'ilofi; 2 – shlak cho'michli quygichi; 3 – elektrod ushlagich; 4 – shixta komponentlari uchun teshikli bunkerlar; 5 – transformator; 6 – shinalar; 7 – gaz chiqarish qismi.

Fosforni elektrohaydash uchun pechlarning quvvati 25-50 ming kvt va undan katta bo'ladi. Bunday pechlar vannasining diametri 8,5 m (g'ilof diametri 10,5 m) gacha yetadi. Ularda sutkasiga 60 t gacha fosfor ishlab chiqariladi. Yuqori quvvatdagi pechlar ishlatilganda fosfor ishlab chiqarishga sarflanadigan energiya kamayadi. Masalan, 5 ming kvt quvvatdagi pechda 1 t fosfor ishlab chiqarish uchun 17,5-18 ming kvt-soat (63-65 ming mj), 25-50 ming kvt quvvatdagi pechda esa energiya sarfi 14-15 ming-soat (50-54 ming mj) gacha kamayadi. O'rtacha quvvatdagi

pechlarda kuchlanishi 170-260 v bo'lgan o'zgaruvchan tok tarmog'idan foydalaniladi. 35-50 ming kvv quvvatli pechlar 300-500 v kuchlanishda ishlaydi.

Pech vannasidagi suyuq ferfosfor va dashqol (shlak) ning harorati 1500°C gacha bo'lganligi uchun uning ichki yuzasi o'tga chidamli maxsus materillar bilan qoplanadi (niqoblanadi). Futirovkalar kimyoviy tarkibi va o'tga chidamliligi jihatlaridan kislotali, asosli va neytral materiallarga bo'linadi: kislotali o'tga chidamli materiallar (kvarsli qum va dinas g'isht) tarkibida 95% gacha SiO_2 bo'ladi, kislotaga ta'siriga yaxshi chidamli bo'ladi va 1800°C li haroratgacha o'tga chidamlidir; asosli o'tga chidamli materiallar (magnezit kukuni va undan quyilgan g'isht) tarkibida 93-94% gacha MgO bo'ladi, ular ishqoriy ta'sirlarga chidamli va 2200°C gacha bardoshlidir; Pech vannasining pastki qismi shunday usullarda furerovka qilinadi. Xromli g'isht, giltuproq shamot kukuni va undan quyilgan g'isht neytral o'tga chidamli materiallar qatoriga kiradi, ular arzon va 1800°C haroratgacha chidamli bo'ladi. Pech vannasining yuqori qismi shamotli g'isht bilan niqoblanadi.

Gazlar pechning yuqori qismidan ~300°C haroratda chiqadi. Pech qopqog'idagi teshikdan tushiriladigan shixta, shlakni undan chiqishiga mos holda kiritiladi va harorat ta'sirida dastlab kuyadi, so'ngra suyuqlanadi hamda shlak va ma'lum miqdordagi ferfosfor holatida pechdan chiqariladi.

Xizmat ko'rsatishni osonlashtirish maqsadida yuqori quvvatli pechlarda – elektrodlarning (ya'ni, kuchlanish bo'yicha ish va quvvat doimiyligi), gazlar bosimining va shixta komponentlarini kiritishning avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlaridan foydalaniladi.

Fosfatdan fosforning to'la qaytarilishi haqida *fosforning qaytarilish ko'effitsienti* – pechdan gaz bilan birgalikda va ferfosfat ko'rinishida chiqadigan fosfor miqdorini, uning shixtadagi miqdoriga nisbati orqali ifodalangan kattalikdan bilib olish mumkin. Odatda elektropechlardagi fosforning qaytarilish ko'effitsienti 0,96-0,97 ga teng. Shixtadagi temir qanchalik kam bo'lsa, *haydalish (vozgonka) ko'effitsienti* – gaz bilan chiqadigan fosfor miqdorini, uning shixtadagi miqdoriga nisbati shunchalik ko'p bo'ladi. Elektropechlardagi fosforning haydalish ko'effitsienti odatda 0.95 atrofida bo'ladi.

Pechdan chiqadigan shlak quyma buyumlar (kimyoviy jihoz detallari, yo'l qurilishi uchun plitkalar va hokazo), shlakli sement va g'ishtlar, issiqlik himoya materiallari va boshqalar tayyorlashda ishlatiladi. Shlakning taxminiy tarkibi: 38-44% SiO_2 , 2-5% Al_2O_3 , 0,5-1% Fe_2O_3 , 44-

48% CaO, 0,5-7% MgO, 0,5-3% P₂O₅ bo'ladi. Shlak ostida yig'iladigan ferrofosfor – temir fosfidlari (Fe₂P va Fe₂O₃) va unga qo'shimcha sifatida oz miqdordagi boshqa metallar (marganes, xrom va h.o.) ning fosfidlaridan iborat. Uning tarkibida: 21-27% fosfor, 67-73% temir va oz miqdordagi uglerod, kremniy qo'shimchalari bo'ladi. U asosan metallurgiya sanoatida ishlatiladi.

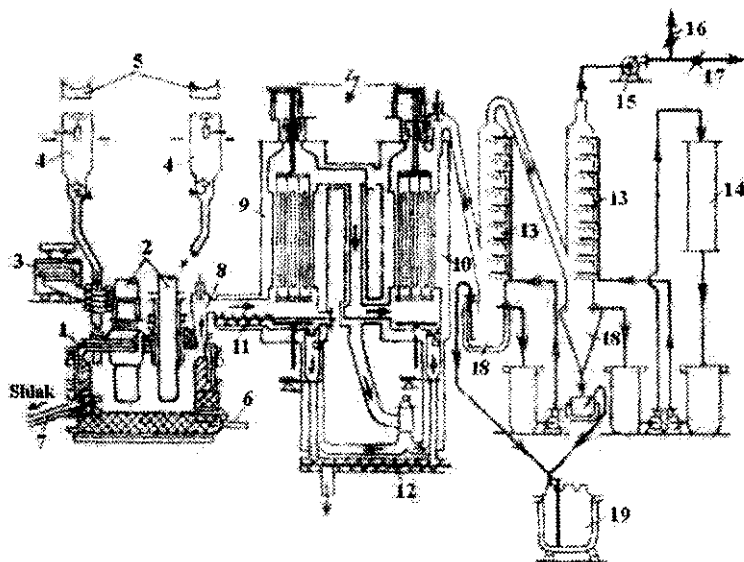
1 t fosfor olishda 10500 kJ/m³ issiqlik beruvchi 2500-3000 m³ (normal sharoitda) pech gazi, 25-27 kg ferrofosfor, 10-12 t shlak hosil bo'ladi. Pechdan chiqadigan gaz tarkibida: 0,2-2,15 g/m³ fosfor bug'lari, 60-85% CO, 3,4-16,5% CO₂, 6-10% N₂ (% lar hajm bo'yicha), qo'shimcha H₂S va boshqalar bo'ladi.

Sariq fosfor ishlab chiqarish tasviri 9.10-rasmda keltirilgan. Elektropech 1 ga shixta tashlash uchun uning tepasiga yuklash bunkerlari (4) joylashtirilgan, ulardan shixta pechning kesim yuzasi bo'yicha bir xilda taqsimlanadi. Shixta yuklash bunkerlariga transporter (5) yordamida uzatiladi. Tashqaridan havo kirishi va uning natijasida fosfor yonishini oldini olish maqsadida, pechda va pechdan chiqadigan gazlar o'tadigan barcha jihozlarda 0,3–0,6 KPa bosim ushlab turiladi. Bunker doimo shixtaga to'ldirilgan va qopqog'i berkitilgan bo'ladi. Uning pastki qismidan esa sexning atmosferasiga zararli pech gazlarini chiqib ketishiga yo'l qo'ymaydigan bufer bo'lib xizmat qiluvchi azot muntazam ravishda berib turiladi.

Pechdan ferrofosfor cho'michli quygichi (6) orqali quyqum ostida yig'iladigan ferrofosfor davriy ravishda (sutkasiga 1-2 marta) temiryo'l iziga o'rnatilgan kovshga quyiladi. Undan yuqoriroqda joylashgan boshqa ikkita shlak juri (lotkasi) (7) orqali muntazam ravishda shlak chiqarilib turiladi.

Pechdan chiqadigan gaz gazyig'gich (8) orqali pech changlaridan tozalash uchun elektrofiltrlarga (9 va 10) o'tadi. Elektrofiltrlar 40000-80000 V kuchlanish bilan ishlaydi. Fosforning kondensatsiyalanishini oldini olish uchun elektrofiltrlardagi harorat 280-300°C da ushlab turiladi. Shu maqsadda elektrofiltrlar va gaz o'tish yo'llarining sirti niqobli g'ishtdan tayyorlangan g'ilof bilan o'raladi. G'ilof bilan elektrofiltrlar orasida o'txona gazlari aylanuvchi bo'shliq bo'ladi va shu orqali elektrofiltrdagi harorat belgilangan darajada ushlab turiladi. Elektrofiltrlardagi harorat avtomatik boshqariladi – issiqlik yetishmaganda qo'shimcha miqdordagi gaz yoqiladi, uning ortiqchasi esa quvurdan chiqarib yuboriladi. Gaz o'tish yo'llarida ushlanib qolgan chang shnek (11) orqali kameraga uzatiladi, u yerda bundan tashqari, elektrofiltrlarda

ushlab qolingani chang ham yig'iladi. Kameradagi chang shnek (12) orqali chiqariladi. Changni suv bilan qorishtirilib suvli suspenziyaga aylantirilishi yoki to'g'ridan-to'g'ri mineral o'g'it ishlab chiqarishga yuborilishi mumkin.



9.10-rasm. Sariq fosfor ishlab chiqarish tasviri:

1 – elektropech; 2 – elektrodlar; 3 – transformator; 4 – yuklash bunkeri; 5 – transporter; 6 – ferrofosfor cho'michli quyigichi; 7 – shlak juri; 8 – gazyig'ich; 9, 10 – elektrofiltrlar; 11, 12 – chang uchun shneklar; 13 – kondensatorlar; 14 – bug' ejeksiyali qurilma; 15 – gaz baydagich; 16 – gazni yoqish quvuri; 17 – gaz o'tkazish quvuri; 18 – suyuq fosforni yig'gich; 19 – suyuq fosforni saqlagich.

Elektrofiltrdan chiqayotgan $250-300^{\circ}\text{C}$ haroratdagi gaz, aylanma suv bilan tomchilatish ta'minlangan vertikal holatdagi minora – fosfor kondensatorlariga (13) o'tadi. Kondensatsiya qurilmasi ikki: «qaynoq» va «sovuq» bosqichdan iborat. Gaz «qaynoq» kondensatorda spiralsimon traektoriya bo'yicha pastdan yuqoriga harakatlanadi va u yerda forsunkalardan tushayotgan suv tomchilarining bug'lanishi natijasida va jihoz sirtidagi aylanma suv hisobiga soviydi. «Qaynoq» kondensatorda pech gazlari tarkibidagi fosforning 99% i kondensatlanadi. Gazni sovutish va fosforni yuvish uchun suv yopiq kontur: fosfor yig'gich – nasoslar – o'tkazuvchi quvurlar – forsunka – fosfor yig'gich bo'yicha aylanadi.

Pech gazi, tarkibidagi fosforni yanada ko'proq ajratib olinishini ta'minlash maqsadida «qaynoq» kondensatordan «sovuq» kondensatorga

uzatiladi. Bu kondensatorda bug' ejeksiyali qurilma (BEQ) (14) yordamida sovutilgan aylanma suvdan foydalaniladi. «Sovuq» kondensatorda gaz harorati 17°C gacha pasayadi va bunda fosforning ajralish darajasi 99,95% gacha yetadi.

Kondensatorlardagi aylanuvchi suv vaqti-vaqti bilan neytrallab turiladi, chunki gaz tarkibidagi kislotali oksidlarning gidrolizi va SiF_4 ning gidrolizi hisobiga H_2SiF_6 ning hosil bo'lishi natijasida suvning kislotaliligi ortib ketadi va jihozlarning korroziyalanishi kuchayadi. Neytrallash uchun soda eritmasi yoki ammiakli suv ishlatiladi.

Pech gazi kondensatordan gaz haydagich (15) orqali chiqarib yuboriladi. Fosfordan tozalangan gaz yoqilg'i sifatida foydalanilishi yoki yoqilg'i yondirgichda (16) yoqib yuborilishi mumkin.

Belgilangan Davlat standarti talablariga muvofiq A, B va C markadagi mahsulot sifatidagi fosfor ishlab chiqariladi. Ulardagi fosfor miqdori, mos holda (kam emas): 99,9; 99,5 va 94,5%. C markali mahsulot tarkibida fosfor miqdorining kam bo'lishi uning tarkibida 5% gacha quyqum borligi bilan izohlanadi.

Aglomeratsiyalangan 0–10 mm sinfli mayda fraksiyadagi fosfat xomashyosini qayta ishlash natijasida 1 t fosfor olish uchun quyidagi ma'lumotlar olingan:

Sarf koeffitsientlari		Qo'shimcha mahsulot va chiqindilar	
Fosfatli xomashyo		Dashqol (shlak)	9,6 t
(21,5% P_2O_5)	13,2 t	Ferofosfor	0,11 t
Kvarsit (95% SiO_2)	0,8 t	Pech gazi (n.sh.)	2700 m^3
Koks (84% C)	2,6 t	Chang	0,2 t
Elektrod massa	70 kg	Quyqum, 30%	
Aylanuvchi suv	540 m^3	namlik bilan	0,15 t
Bug'	4,44 g		
Tabiiy gaz	216 m^3		
Qisilgan havo (n.sh.)	150 m^3		
Inert gaz – azot (n.sh.)	500 m^3		
Pech elektroenergiyasi	14000 kvt·s		
Texnologik elektroenergiya	16500 kvt·s		

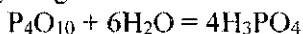
Termik fosfat kislolaning olinishi. Termik fosfat kislota elementar fosforning oksidlanishi (yondirilishi) va hosil qilingan mahsulotlarni gidratlanishi natijasida olinadi. P_4O_{10} ning gidratlanishi bosqichma-bosqich meta-, di- va ortofosfat kislotalar hosil bo'lish bilan boradi:

700°C da $n\text{P}_4\text{O}_{10} + 2n\text{H}_2\text{O} = 4(\text{HPO}_3)_n$;

450°C da $4(\text{HPO}_3)_n + 2n\text{H}_2\text{O} = 2n\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$;

230°C dan pastda $2n\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7 + 2n\text{H}_2\text{O} = 4n\text{H}_3\text{PO}_4$;

Gidratatsiyaning umumiy tenglamasi:



tenglama orqali ifodalanadi.

1 kg fosforning yonishida ajraladigan issiqlik miqdori 23614 kJ ni, gidratlanishi natijasida esa 3035 kJ (yoki 1 kg H_3PO_4 ga 1017 kJ) ni tashkil etadi. H_3PO_4 ni mahsulot kislotasi konsentratsiyasigacha suv bilan suyultirilganda qo'shimcha miqdordagi issiqlik ajralib chiqadi. Texnik termik kislotada 73% dan kam bo'lmagan H_3PO_4 bo'ladi.

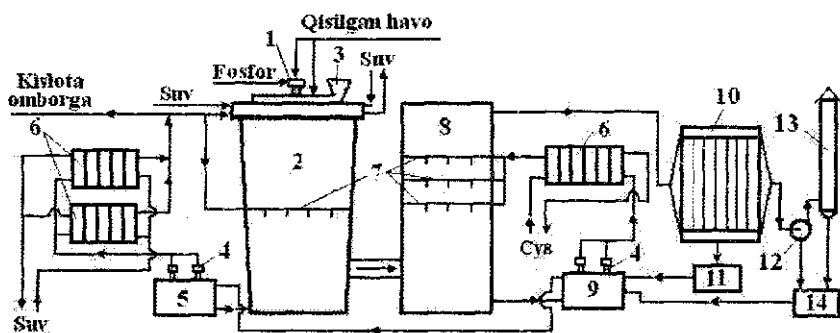
Termik fosfat kislotasi ikki: bir bosqichli va ikki bosqichli usullar bilan olinishi mumkin. Bir bosqichli usul pechdan chiqayotgan gazni (fosfor bug'larini oldindan kondensatlanmasdan) yoqish va hosil bo'lgan P_4O_{10} ni gidratlanishiga asoslangan. Bu usulning soddaligiga qaramay, kam qo'llaniladi, chunki pech gazi tarkibidagi fosfor bug'larining konsentratsiyasi oz bo'lganligi sababli uni qayta ishlashda juda yirik, katta o'lchamdagi jihozlar talab etiladi. Bundan tashqari, gaz tarkibidagi begona qo'shimchalar (chang) hosil qilinadigan kislotani ifloslantiradi. Bu usulning asosiy kamchiligi shundaki, fosfor pechi va fosfat kislotasi olish tizimlari bir vaqtda ishlashi talab etiladi.

Termik fosfat kislotasi asosan ikki bosqichli usulda, ya'ni fosfor pechi tarkibidagi gazdan fosforni kondensatlash va so'ngra uni fosfat kislotaga aylantirish orqali ishlab chiqariladi. Bunda toza holdagi kislotasi olinadi va fosforning kondensatlanishidan keyingi qolgan yuqori kaloriyali gazdan foydalanish imkoniyati yaratiladi.

Fosforning oksidlanishi va P_4O_{10} ning gidratlanishi natijasida katta miqdordagi issiqlik ajralib chiqadi va undan hozircha foydalanilmaydi. Tizim issiqlik ajratish usullari bo'yicha sirkulyatsion (sovituvchi suvning issiqligini ajratib olish bilan) va bug'latgichli (bug'lanuvchi suvning issiqligini ajratib olish bilan) ishlab chiqarishga bo'linadi. Sirkulyatsion tizimlar: elektrofiltir yoki skrubberli sirkulyatsion bir minorali va sirkulyatsion ikki minorali tizim keng tarqalgandir. Odatda, sirkulyatsion ikki minorali tizim keng qo'llaniladi. Bug'latgichli tizim esa ishlab chiqarishning kelajakdagi istiqboliga daxldordir. Sirkulyatsion tizimdan farqli o'laroq, ularda nasos-sovutgichli jihozlarga ehtiyoj yo'q, shu sababli energetik xarajatlar kam talab etiladi. Lekin ularning asosiy kamchiligi shundan iboratki, minoradagi gidratlanishda suvning bug'lanishi tufayli hosil bo'ladigan chiqib ketuvchi gaz hajmining ko'payishi hisobiga va

shuning uchun uning tarkibidagi kislota tomchilarini ushlab qolishga katta o'lchamdagi elektrofiltr qurilmalar talab etiladi.

9.11-rasmدا sirkultatsion ikki minorali tizimda fosfat kislota ishlab chiqarish tasviri keltirilgan. Suyuq fosfor ombordan nasos yordamida dozator orqali yondirish minorasining (2) forsunkasiga (1) beriladi. Yondirish minorasi kesik konus (pastki qismi kichrayib boradigan) shaklida bo'ladi, hosil bo'lgan kislota tomchilari minoraning ichki devorlarida bir tekisda tarqalib, yupqa qavat hosil bo'lishini ta'minlaydi va suyuqlik pastga devor yuzasidan oqib tushadi. Bu esa minora ichki devorini qaynoq fosfor alangasining yemiruvchilik ta'siridan saqlaydi. Fosfor yonishining nazariy harorati 3500°C atrofida bo'ladi. Ammo, fosforning yonishida ikki hissa ko'p miqdordagi havo ishlatiladi va natijada alanga harorati $2100-1800^{\circ}\text{C}$ gacha pasayadi. Gazning keyingi sovishi kislotaladagi suvning bug'lanishi hisobiga ketadi. Havoning ortiqcha miqdorda olinishi fosforning quyi oksidlarini hosil bo'lishini, ularning gidratlanishi natijasida esa mahsulotni ifloslantiruvchi kislotalar (H_3PO_2 , H_3PO_3) hosil bo'lishini olidini olish uchun zarurdir.



9.11-rasm. Sirkultatsion ikki minorali tizimda termik fosfat kislota ishlab chiqarish tasviri:

1 – forsunka; 2 – yondirish minorasi; 3 – ikkilamchi havoni uzatish uchun chig'anoq;
4 – yuklash nasoslari; 5 – yondirish minorasi aylanuvchi kislotasining yig'gichi;
6 – plastinkali issiqlik almashtirgich; 7 – kislotali forsunka kanal (kollektor) lari;
8 – sovutish-gidratlash minorasi; 9 – sovutish-gidratlash minorasi aylanuvchi kislotasining yig'gichi; 10 – elektrofiltr; 11 – kislota yig'gichi; 12 – quyruq gaz ventilyatori; 13 – gaz chiqarish quvuri; 14 – kondensat yig'gichi.

Gaz haroratining yuqori ($800-1000^{\circ}\text{C}$) bo'lishligi hisobiga P_2O_5 ning gidratlanishida dastlab bug' holatdagi metafosfat kislota, uning keyinchalik sovitilishi va gidratlanishidan tumansimon ortofosfat kislota

hosil bo'ladi. Fosforning changlanishi forsunkaga keluvchi bug' bilan 70-80°C gacha qizdirilgan birlamchi qisilgan havo yordamida amalga oshiriladi. Ikkilamchi havo yondirish minorasiga chig'anoq (3) orqali yuboriladi. Fosforning oksidlanishidan ajraladigan issiqlik minora tomi qismidan uzatiladigan aylanuvchi suvga hamda yig'gich (5) va issiqlik almashtirgich (6) orqali minoraning yuqorisiga 46-50°C haroratda yuklash nasosi (4) yordamida quyiladigan aylanuvchi fosfat kislotaga yuttiriladi va bu suyuqliklar minoraning devorlaridan yupqa qavat hosil qilgan holda oqib tushadi. Bundan tashqari, kislota minora ichida joylashtirilgan uch qavat kislotali forsunkalarda (7) sachratiladi. Issiqlik almashtirgichda (6) sovutilgan kislota ning bir qismi omborga tayyor mahsulot sifatida chiqariladi. Yondirish minorasida 60% gacha P_4O_{10} absorbsiyalanadi. qolgan qismi esa – yig'gich (9) va issiqlik almashtirgich (6) orqali aylanuvchi kislota bilan sovutish-gidratlash minorasi 8 da ushlab qolinadi (ular da kislota harorati 25-27°C gacha pasayadi). Yig'gichdagi (9) kislota yig'gich (5) orqali aylanuvchi kislotaga qo'shiladi.

Sovutish minorasiga kiruvchi gaz harorati 85–100°C, chiquvchi gaz harorati esa 45-55°C bo'ladi. Bu minoradan chiquvchi gaz tarkibida 50 g/sm³ (normal sharoitda) fosfat kislota tumani holatidagi P_2O_5 bo'ladi. Uni elektrofildrda (10) tutib qolinadi. Umumiy tutib qolish darajasi 99,9% ni tashkil etadi. Elektrofildrdagi kislota yig'gichga (11), undagi esa yig'gichga (9) oqib tushadi. Quyruq gaz ventilatori (12) yondirish minorasidagi ikkilamchi havoni so'rib oladi va uni gaz chiqarish quvuriga (13) atmosferaga chiqarib yuborish uchun purkaydi. Atmosferaga chiqariluvchi gaz tarkibida 80 mg/sm³ dan kam miqdordagi (normal sharoitda) P_2O_5 bo'ladi. Quyruq gaz ventilatori va gaz chiqarish quvuridagi kondensat yig'gichga (14) oqib tushadi.

Yondirish va sovutish minoralari polietilen, diabraziv plitka va kislotabardosh g'ishtlar bilan himoyalangan metall qobiqqa ega bo'ladi. Yondirish minorasining o'rtacha diametri 5 metr, balandligi esa 13 metr bo'ladi. Sovutish minorasi 3,2 metr diametrga, 13 metr balandlikka ega va unda ikki qator Rashig halqali to'ldirgich bor. Elektrofildr 40-90 ming v kuchlanishdagi doimiy tok manbaiga ulanadi.

Bayon etilgan sistema yiliga 60 ming t 100% li H_3PO_4 ishlab chiqarish unumdorligiga egadir. Unda 2,5-3 tonna/soat fosfor qayta ishlanadi. 1 tonna termik fosfat kislota (100% li H_3PO_4 hisobida) ishlab chiqarish uchun 0,32-0,33 tonna sariq fosfor sarflanadi.

Termik fosfat kislota tarkibida juda oz miqdordagi begona qo'shimchalar bo'ladi: SO_3 , R_2O_3 , Pb, F, SiO_2 ning miqdori foyizning yuz

yoki mingdan bir ulushini, As ning miqdori esa 0,002-0,004% ni tashkil qiladi.

Superfosfat kislota (76% P_2O_5 yoki 105% H_3PO_4) ishlab chiqarish ham xuddi oddiy fosfat kislota (62% P_2O_5 yoki 85% H_3PO_4) ishlab chiqarish kabi – suyuq fosforni yondirilishidan hosil bo'lgan gazni gidratlanish minoralarida sovutishdan iborat. Lekin bu minorada suvdan tashqari qo'shimcha fosfat kislota ham purkaladi va uning aylanma harakati ta'minlanadi. Superfosfat kislota qovushqoqligining katta miqdor bo'lishligi sababli issiqlik almashinish intensivligi kam bo'ladi va shuning uchun kislota uchun ko'p miqdordagi sovutgichlar talab etiladi. Shu sababli, kislotalarni uzatishda markazdan qochma nasoslar o'rniga rotatsion nasoslardan foydalaniladi.

Elektrotermik usulda fosfat kislota ishlab chiqarish texnologik hisoblari

Minoraning moddiy hisobi

Hisoblash uchun ma'lumotlar:

Qurilmaning quvvati (100% li H_3PO_4 bo'yicha), kg/soat	1500
Texnik sariq fosfordagi fosfor miqdori, %	99,7
Yondirish jarayonidagi ortiqcha havo koeffitsienti	2,5
Yondirish minorasidan chiqayotgan gazlardagi fosfat kislotalari miqdori, kg/m ³	0,03
Chiqayotgan gazlar harorati, °C	140
Minoraga kiradigan havo harorati, °C	20
Havoning nisbiy namligi, %	70

Elektrotermik usulda elementar fosfordan ortofosfat kislotalari olish ikki bosqichda amalga oshadi. 1-bosqichda fosfor oksidlanadi:



2-bosqichda fosfat angidridi gidratlanadi:



Har ikkala bosqich ham bir vaqtda va bitta jihoz – yondirish minorasida sodir bo'ladi.

1500 kg/s mahsulot (monogidrat) ishlab chiqarish uchun texnik fosfor sarfi:

$$\frac{1500 \cdot 2 \cdot 62}{4 \cdot 98 \cdot 0,997} = 475,92 \text{ kg/s ni tashkil etadi,}$$

bunda, 62 va 98 – fosfor bug'i va fosfat kislotalarning molekular massalari.

Texnik fosfordagi elementar fosforning miqdori: $475,92 \cdot 0,997 = 474,5 \text{ kg/s}$, qo'shimchalar miqdori esa: $475,92 - 474,5 = 1,42 \text{ kg/s}$ ga teng.

474,5 kg/s elementar fosfordan:

$$\frac{474,5 \cdot 2 \cdot 142}{2 \cdot 62} = 1086,6 \text{ kg/s fosfat angidrid hosil bo'ladi.}$$

(1) reaksiya bo'yicha 1086,6 kg/s P_2O_5 hosil bo'lishida kislorodning nazariy sarfi:

$$\frac{474,5 \cdot 5 \cdot 32}{2 \cdot 62} = 612,1 \text{ kg/s bo'ladi.}$$

Ortiqcha miqdor koeffitsienti 2,5 ni hisobga olinganda yondirish minorasiga beriladigan kislorod miqdori: $612,1 \cdot 2,5 = 1530,3 \text{ kg/s bo'ladi.}$

Bunday miqdordagi kislorod bilan yondirish minorasiga havo tarkibidagi:

$$\frac{1530,3 \cdot 76,3}{23,2} = 5065,7 \text{ kg/s azot kiradi,}$$

bunda: 76,8 va 23,2 – havo tarkibidagi azot va kislorodning mos holdagi massa ulushlari, % hisobida.

Yondirish minorasiga kirayotgan quruq havo miqdori: $1530,3 + 5065,7 = 6596 \text{ kg/s bo'lib,}$ havodagi namlik miqdori: $0,01042 \cdot 6596 = 68,7 \text{ kg/s ni tashkil etadi.}$ Bunda: 0,01042 – havoning namlik tutishi, 1 kg quruq havoga nistatan kg hisobida.

Minoradan chiqayotgan gazlardagi kislorod miqdori:

$$1530,3 - 612,1 = 918,2 \text{ kg/s bo'ladi}$$

(2) reaksiya bo'yicha fosfat kislotasi hosil bo'lishiga suv sarfi:

$$\frac{1086,6 \cdot 6 \cdot 18}{2 \cdot 142} = 413,4 \text{ kg/s ni tashkil etadi.}$$

Natijada esa: $\frac{1086,6 \cdot 4 \cdot 98}{2 \cdot 142} = 1500 \text{ kg/s fosfat kislotasi hosil bo'ladi.}$

Yondirish minorasidan chiqayotgan gazlar miqdori, kg/s hisobida:

kislorod	918,2
azot	5065,7
jami	5983,9

bo'ladi.

70% li fosfat kislotasi yuzasida 90°C haroratda suv bug'larining bosimi 223 mm.sim.ust. ni yoki $0,297 \cdot 10^5 \text{ n/m}^2$ ni tashkil qiladi. Suv bug'ining bunday bosimiga 140°C harorat va 99325 n/m² barometrik bosimda:

$$\varphi = \frac{29700 - 100}{99325} = 30\% \text{ nisbiy namlik muvofiq keladi.}$$

140°C haroratda va $\varphi = 30\%$ bo'lganda 1 kg quruq havoga nisbatan 0,270 kg havo namligi to'g'ri keladi.

Demak, chiqayotgan havoda: $5983,9 \cdot 0,272 = 1616 \text{ kg/s}$ suv bug'lari bo'ladi.

140°C haroratdagi gazlar hajmi: $5983,9 \cdot 1,71 = 10232,5 \text{ m}^3$ ni tashkil etadi, bunda: $1,71 \text{ m}^3/\text{kg}$ – 1 kg quruq havodagi nam havo hajmi, m³/kg hisobida.

Shart bo'yicha 1 m³ gazda 0.03 kg 100%li fosfat kislotasi bo'ladi, ya'ni reaktordan gazlar bilan: $10232,5 \cdot 0,03 = 307 \text{ kg/s}$ H₃PO₄ chiqadi.

Minoradan chiqayotgan mahsulot sifatidagi 100% li H₃PO₄ miqdori:
 $1500 - 307 = 1193 \text{ kg/s}$ ni tashkil etadi.

Moddiy hisob natijalari asosida issiqlik balansi tuziladi va yuvuvchi kislota miqdori aniqlanadi.

Yondirish minorasi issiqlik hisobi

Yonish jarayoniga tushadigan fosfor miqdori, kg/s	475,92
Fosfor harorati, °C	70
Yuvish jarayoniga beriladigan fosfat kislotasi konsentratsiyasi, %	70
Fosfat kislotasi harorati, °C	42
Minoradan chiqadigan fosfat kislotasi harorati, °C	90

Issiqlik hisobi bilan minoraga beriladigan va haroratni 140°C ga tushiradigan yuvuvchi fosfat kislotasi miqdori aniqlanadi.

Issiqlik kirishi

1) Fosfor bilan:

$$Q_1 = 475.92 \cdot 0.856 \cdot 70 = 28550 \text{ kJ/s}$$

bunda, 0,856 – fosforning issiqlik sig'imi, kJ/kg·grad.

2) Yuvuvchi fosfat kislotasi bilan:

$$Q_2 = m \cdot 2.56 \cdot 42,$$

bunda, m – fosfat kislotasining miqdori, kg/s (issiqlik hisobidan aniqlanadi); 2,56 – 70% li fosfat kislotasining issiqlik sig'imi, kJ/kg·grad.

3) Reaksiyada ajralib chiqadigan issiqlikni hisoblashda:

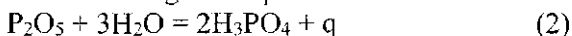
$$2P + \frac{5}{2}O_2 = P_2O_5 + 1548000 \text{ kJ/mol yoki } \frac{1548000}{142} = 10905 \text{ kJ/kg}$$

P_2O_5 dan foydalaniladi:

$$Q_3 = 1086,6 \cdot 10905 = 11850000 \text{ kJ/s,}$$

bunda, 1086,6 – hosil bo'lgan P_2O_5 miqdori, kg/s.

4) Reaksiyada hosil bo'lgan issiqlik:



(2) reaksiya issiqlik effektini aniqlashda fosfat kislotasi hosil bo'lish issiqligidan P_2O_5 va H_2O hosil bo'lish issiqliklari yig'indisini ayiriladi. Bu birikmalarning oddiy moddalardan hosil bo'lish issiqliklari, kJ/mol hisobida: $H_3PO_4 = 1271940$; $P_2O_5 = 1548000$; $H_2O = 285840$. Gess qonuni bo'yicha (2) reaksiya issiqlik effekti:

$$q = 2 \cdot 1271940 - (1548000 + 3 \cdot 285840) = 138350 \text{ kJ/mol } P_2O_5 \text{ ga yoki}$$

$$\frac{138350}{2 \cdot 98} = 706 \text{ kJ/kg } H_3PO_4 \text{ ga teng.}$$

$$Q_4 = 1500 \cdot 706 = 1059000 \text{ kJ/s,}$$

bunda, 1500 – yondirish minorasida hosil bo'lgan fosfat kislotasi miqdori, kg/s.

Minoradan chiqayotgan fosfat kislotasi (100% li) va suv miqdori:

$$42747 + 1193 = 43940 \text{ kg/s } H_3PO_4,$$

$$18320 - 1616 - 413,4 + 68,7 = 16359,3 \text{ kg/s } H_2O \text{ bo'ladi.}$$

Minoradan chiqayotgan jami kislota miqdori:

$$43940 + 16359,3 = 60299,3 \text{ kg/s,}$$

$$\text{konsentratsiyasi esa: } \frac{43940 \cdot 100}{60299,3} = 72,87\% \text{ bo'ladi.}$$

5) Havo bilan kirayotgan issiqlik:

$$Q_5 = 6596 \cdot 46,47 = 306500 \text{ kJ/s}$$

bunda, 6596 – havo miqdori, kg/s; 46,47 – 20°C va $\varphi = 70\%$ dagi havo entalpiyasi, kJ/kg (ilovadagi jadval).

Umumiy issiqlik kirishi:

$$\begin{aligned}\sum Q_k &= 28550 + m \cdot 2,560 \cdot 42 + 11850000 + 1059000 + 306500 = \\ &= 13244050 + 107,52 \cdot m \text{ kJ/s ni tashkil etadi.}\end{aligned}$$

Issiqlik sarfi

1) Nam havo bilan chiqadigan:

$$Q_1 = 5983,9 \cdot 886,8 = 5307000 \text{ kJ/s}$$

bunda, 5983,9 – minoradan chiqadigan quruq havo miqdori, kg/s; 886,8 – nam havo entalpiyasi, kJ/kg (ilovadagi jadval)

2) Tuman holatidagi kislota bilan chiqadigan issiqlik:

$$Q_2 = 307,0 \cdot 2,560 \cdot 140 = 110000 \text{ kJ/s.}$$

bunda, 307,0 – tuman holatidagi fosfat kislotasi miqdori, kg/s.

3) Fosfat kislotasi bilan chiqadigan issiqlik:

$$Q_3 = (m - 1616 + 1193 + 68,7 - 413,4) \cdot 2,560 \cdot 90 = 230,4m - 176900 \text{ kJ/s}$$

bunda, 1616 – minoradan chiqayotgan suv bug‘lari miqdori, kgs;

1193 – mahsulot fosfat kislotasi miqdori, kJ/s;

68,7 – havo bilan minoraga kiradigan suv bug‘lari miqdori, kJ/s;

413,4 – kislotaga birikkan suv miqdori, kJ/s.

4) Atrof-muhitga yo‘qoladigan issiqlik miqdori taxminan 500000 kJ/s ni tashkil qiladi.

Umumiy issiqlik sarfi:

$$\sum Q_{surf} = 5307000 + 110000 + 500000 + 230,4m - 176900 = 5740100 + 230,4m,$$

Kiradigan issiqlik chiqadigan (sarflanadigan) issiqlikka teng bo‘ladi:

$$\sum Q_k = \sum Q_{surf}$$

Demak, $13244050 + 107,52m = 5740100 + 230,4m$ bo‘ladi.

Bundan: $m = 61067 \text{ kg/s}$ kelib chiqadi.

Yuvuvchi fosfat kislotasi miqdori aniqlangach, moddiy hisobni bajarishni tugallaymiz.

Yondirish minorasiga berilayotgan yuvuvchi fosfat kislotasining miqdori 61067 kg/s, konsentratsiyasi 70% ga teng.

Kislotada: $61067 \cdot 0,70 = 42747$ kg/s H_3PO_4 ,

$61067 - 42747 = 18320$ kg/s H_2O bo'ladi.

9.1-jadval

Yondirish minorasi moddiy balansi

Kirish		Chiqish (sarf)	
komponentlar	kg/s	komponentlar	kg/s
Fosfor	474,5	Elektrofiltarga o'tadigan gazlar:	
Qo'shimchalar	1,42	O_2	918,2
Jami texnik fosfor	475,92	N_2	5065,7
Havo:		suv bug'lari	1616,0
O_2	1530,3	H_3PO_4	307,0
N_2	4065,7	Jami gazlar	7906,9
suv bug'lari	68,7	Fosfat kislotasi:	
Jami nam havo	6664,7	H_3PO_4	43940
Fosfat kislotasi:		H_2O	16359,3
H_3PO_4	42747	Jami fosfat kislotasi	60299,3
H_2O	18320	Qo'shimchalar	1,42
Jami fosfat kislotasi	61067		
Hammasi	68207,62	Hammasi	68207,62

9.2-jadval

Yondirish minorasi issiqlik balansi

Kirish		Chiqish (sarf)	
komponentlar	kJ/s	komponentlar	kJ/s
Fosfor bilan	28550	Nam holdagi gaz bilan	5307000
Fosfat kislotasi bilan	6566000	Tuman holdagi fosfat kislotasi bilan	110000
(1) reaksiya issiqligi	11850000	Issiqlik yo'qotilishi	500000
(2) reaksiya issiqligi	1059000	Fosfat kislotasi bilan	13893050
Havo bilan	306500		
Jami	19810000	Jami	19810000

Elektrofiltarning moddiy hisobi

Elektrofiltarda gazlar tuman holatidagi fosfat kislotasidan tozalanadi. Elektrofiltarda kislotani tutib qolish darajasi 98% ni tashkil qiladi.

Elektrofiltrga yondirish minorasidan 7906,9 kg/s gaz fazasi, shu jumladan 918,2 kg/s kislorod, 5065,7 kg/s azot, 307,0 kg/s tuman holatidagi fosfat kislotasi va 1616,0 kg/s suv tushadi.

Elektrofiltrda: $307,0 \cdot 0,98 = 300,9$ kg/s fosfat kislotasi (100% li) tutiladi.

Gazlar bilan $307,0 - 300,9 = 6,1$ kg/s kislotaga chiqib ketadi.

Elektrofiltrda tutib qolinadigan fosfat kislotaga konsentratsiyasi 70% bo'lib, uning miqdori:

$$\frac{300,9}{0,7} = 429,8 \text{ kg/s ni tashkil etadi.}$$

Kislotaga bilan $429,8 - 300,9 = 128,9$ kg/s suv chiqib ketadi.

Chiqindi gazi tarkibidagi suv miqdori:

$$1616 - 128,9 = 1487,1 \text{ kg/s ni tashkil etadi.}$$

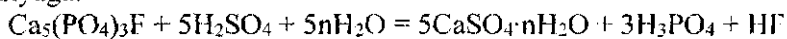
9.3-jadval

Elektrofiltrning moddiy balansi

Kirish		Chiqish (sarf)	
komponentlar	kg/s	komponentlar	kg/s
Gaz fazasi:		Gaz fazasi:	
O ₂	918,2	O ₂	918,2
N ₂	5065,7	N ₂	5065,7
tuman holatidagi fosfat kislotasi	307,0	tuman holatidagi fosfat kislotasi	6,1
namlik	1616,0	namlik	1487,1
Jami	7906,7	Jami	7477,1
		Fosfat kislotasi:	
		H ₃ PO ₄	300,9
		H ₂ O	128,9
		Jami fosfat kislotasi	428,8
		Hammasi	7906,9

4-§. Ekstraksiya fosfat kislotasi ishlab chiqarish

Tabiiy fosfatlarning sulfat kislotali parchalanishi bo'yicha boradigan reaksiyaga:



va keyingi bosqichda suyuq fazadan sulfatli cho'kmani ajratib olishga asoslangan usul – ekstraksiya yoki ho'l usul deyiladi. Bunda olingan

mahsulot ekstraksion fosfat kislota (EFK) deb yuritiladi. Bu keng tarqalgan fosfat kislota olish usuli mineral o'g'itlar, ozuqali va termik fosfatlar ishlab chiqarishda ishlatiladi.

Sulfat kislotali ekstraksiyalash jarayonini amalga oshirishning asosiy sharti fosfat kislotadan kalsiy sulfatning yetarli darajada yirik bo'lgan, oson ajraladigan va yaxshi yuviladigan kristallarini ajratib olishdan iboratdir. Bunga jarayonning ayrim bosqichlari uchun jihozlarni oqilona tanlash va ekstraksiyalashda belgilangan texnologik tartibni, ya'ni talab etiladigan (gips, yarimgidrat yoki angidrit) shakldagi kalsiy sulfatning cho'ktirilishini va belgilangan konsentratsiyadagi mahsulot sifatidagi fosfat kislota olishni ta'minlovchi konsentratsiyali, haroratli va boshqa parametrlarni ushlab turish orqali erishiladi.

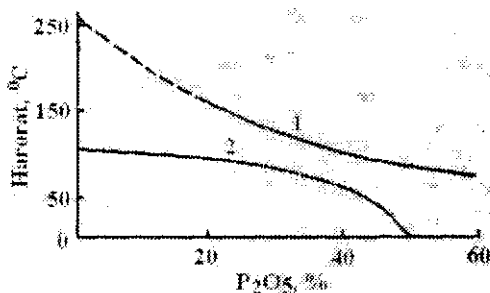
Ekstraksiyalash jarayonida kalsiy sulfatning fosfat kislotaldagi harakatchan suspenziyasini olish, uni aralashtirish va tashish mumkin bo'lishi lozimdir. Tabiiy fosfatni konsentrlangan sulfat kislota bilan to'g'ridan-to'g'ri aralashtirilganda fazalarga ajralishga amalda imkon bermaydigan quyuq suspenziya hosil bo'ladi. Uning harakatchanligini ta'minlash uchun, «aylanma» kislota deb ataluvchi – mahsulot sifatidagi fosfat kislotalning bir qismi bilan fosfat kislotaldan ajratib olingan fosfatli cho'kma (fosfogips) ni suvda yuvishda hosil bo'ladigan eritmaning aralashmasini resirkulatsiyasi hisobiga suyuq va qattiq fazalarning massa nisbati (S:Q) 2:1 dan 3,5:1 oralig'ida ushlab turiladi.

Resirkulatsiya bilan bog'liq holda fosfatli xomashyodan o'tadigan qo'shimchalarning eritmalarida to'planishi ekstraksiya jarayoni uchun o'ziga xosdir. Qo'shimchalar konsentratsiyasi xomashyo tarkibidan ham, suyuq, gaz va qattiq fazalar orasida taqsimlanadigan tegishli komponentlar tarkibidan ham aniqlanadi. Ishlab chiqarish eritmalarida ishqoriy metall kationlari, magniy, aluminii, temir kationlar va SO_4^{2-} , F^- , SiF_6^{2-} anionlar qo'shimchalarining mavjud bo'lishi sulfatli cho'kma va mahsulot kislotalasining xossasini yetarli darajada o'zgartiradi.

Ekstraksiyalash jarayonining haroratli va konsentratsiyali parametrlarini tanlash uchun kalsiy sulfat turli modifikatsiyalarining mavjud bo'lish chegaralari va ularning fosfat kislotali eritmalarida bir-biriga aylanish tezligi haqidagi ma'lumotlar asos bo'ladi; bu ma'lumotlar toza eritmalar uchun yuqorida ko'rsatib o'tilgan edi. Ammo ekstraksion fosfat kislotalning real eritmalarida gips, kalsiy sulfat yarimgidratlari va angidriti kristallanish sohalarining aniq chegaralari va ayniqsa, sodir bo'ladigan fazali bir-biriga aylanish tezliklari yetarli darajada o'zgaradi. Masalan, tarkibida 10-25% P_2O_5 bo'lgan fosfat kislotalning toza

eritmalarida, 80°C da yarimgidratning katta qismi sistemaning birinchi kristallanuvchi fazasi hisoblanadi va 1,5-2 soat mobaynida gipsga aylanadi. Temir fosfatlari, kremnezem kabi qo'shimchalar bu jarayonni sezilarli darajada kuchaytiradi. Hosil bo'lgan gips tarkibida 10% dan kam P_2O_5 bo'lgan eritmalarda bir necha oy va 25% dan kam P_2O_5 bo'lgan eritmalarda bir necha kun mobaynida metastabil (stabil faza – angidrit) shaklda mavjud bo'la oladi. Ekstraksiyalash sharoitiga mos holda, suyuq faza suspenziyasi tarkibida 25-30% P_2O_5 , harorat $70-80^{\circ}\text{C}$ va massaning reaktorda turish vaqti 5-8 soat bo'lganda ajratiladigan cho'kma stabil angidrit emas, balki metastabil digidrat shaklda namoyon bo'ladi.

Shunday qilib, ekstraksiyalashda ajratiladigan kalsiy sulfatning gidratatsiya darajasi stabil shakllarga mos kelmasligi mumkin va u jarayonni o'tkazilish aniq sharoitiga bog'liqdir. 9.12-rasmda tasvirlangan diagrammada kalsiy sulfatni amaliy gidratatsiya darajasining ekstraksiya usuli (rejimi) – fosfat kislotaning konsentratsiyasi va haroratiga bog'liqligi ko'rsatilgan. Egri 2-chiziqdan pastki sohada kalsiy sulfat gips shaklida, egri 1-chiziqdan yuqorida angidrit shaklida, ular orasidagi sohada esa yarimgidrat shaklida ajraladi.



9.12-rasm. Harorat va eritmada P_2O_5 miqdorining ajratiladigan kalsiy sulfat cho'kmasining amaliy gidratlanishiga ta'siri.

Shunga mos holda fosfat kislotani ekstraksiyalashning uchta: *digidratli*, *yarimgidratli* va *angidritli usullari* bir-biridan farqlanadi. Digidratli usul keng tarqalgan bo'lib, uni $65-80^{\circ}\text{C}$ haroratda o'tkaziladi va tarkibida 30-32% gacha P_2O_5 bo'lgan kislota olinadi. $90-105^{\circ}\text{C}$ haroratda amalga oshiriladigan yarimgidratli usulda 50% gacha P_2O_5 bo'lgan kislota ishlab chiqarish imkoniyatini beradi. Ekstraksiyalashning kombinatsiyalashgan yarimgidrat-digidratli usullari yanada kengroq

tarqalmoqda, unda dastlab yarimgidrat hosil qilinadi, so'ngra, suspenziyani suyultirish va sovutish orqali uni gipsga qayta kristallantiriladi. Bunday usullar xomashyodan unumli foydalangan holda yuqori konsentratsiyali (50% gacha P_2O_5) kislota olish imkoniyatini yaratadi. Angidridli rejim yuqori haroratda jihozlarning korroziyalanish xavfi katta bo'lganligi va kalsiy sulfatning mayda kristallaridan fosfat kislota va yuvuvchi eritmaning o'tishi qiyinligi tufayli filtrlanishning yomonlashishi sababli hozircha qo'llanilmaydi. Bu qiyinchiliklarni bartaraf etish bo'yicha izlanishlar o'tkazilmoqda.

Ekstraksiyalashda hosil bo'ladigan kalsiy sulfat kristallarining shakli va o'lchami – cho'kma qatlamining filtrlash xossasini belgilab beradi, shunday ekan, uning fosfat kislotadan yuvilish samaradorligi haroratga va kislota konsentratsiyasiga, to'yinishning pasayish darajasi va sharoitiga bog'liqdir. Ular ham, shuningdek, eritmadagi Ca^{2+} va SO_4^{2-} ionlarining nisbatiga va magniy, aluminiiy, fluor birikmalari kabi qo'shimchalarning konsentratsiyasiga bog'liqdir. Ca^{2+} ionlari ortiqcha bo'lganda gips uzunligi 20-80 mkm bo'lgan yupqa ignasimon shaklda ajraladi; SO_4^{2-} ionlari ortiqcha bo'lganda esa, aksincha, gips kristallarining o'lchami eniga 100 mkm gacha va bo'yiga bir necha yuz mikrometrgacha yetadi.

Yirik kristalli bir jinsli gips cho'kmasini olish uchun suyuq fazadagi $SO_3:CaO$ molyar nisbati imkoniyat darajasida 1,5-4,0 oralig'ida bo'lishi lozim. Yarimgidrat kristallantirishida u stexiometrik nisbatga yaqin bo'lishi kerak, angidritda esa 10-15 ga teng bo'dadi. Ko'rsatib o'tilgan modifikatsiyalarga mos holda eritmadagi SO_3 1,5-2,5; 0,8-1,2%; 2,5-4,5% bo'lishi optimal hisoblanadi. Gipsning kristallanishini iloji boricha kamto'yingan eritmada kristallanishini ta'minlash lozim. Bu shart-sharoitlar suspenziyaning intensiv aralashtirilishini, uning resirkulatsiyasini (boshlang'ich komponentlarni kiritish qismiga qaytarish), sulfat va aylanma fosfat kislotalarni oldindan aralashtirishni va boshqa yo'l-yo'riqlarni amalga oshirish yo'li bilan ta'minlanadi. Ekstraksiyalashning digidratli usulida esa, aksincha, ixcham sharsimon kristallar bo'laklari hosil qilish xususiyatiga ega bo'lgan yuqori to'yinuvchanlik ushlab turiladi.

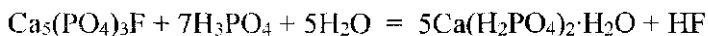
Kalsiy sulfatning kristallanishiga eritmadagi qo'shimchalar ham ta'sir etadi. Kristallanishga eritmada $(AlF_n)^{(3-n)-}$ turidagi kompleks ionlar hosil qiluvchi aluminiiy va fluor birikmalari kabi qo'shimchalar yanada ko'proq ta'sir qiladi; $(AlF_n)^{(3-n)-}$ kompleks ionlari kristallarning ma'lum tomonlariga so'rilib, izometrik yassi gips kristallari va oltiqirrali yarimgidrat prizmalari ajralib chiqishiga sabab bo'ladi.

Suspenziyaning suyuq fazasida sulfatlar miqdorini optimal darajada ushlab turish mahsulot kislotasiga yuqori darajadagi P_2O_5 o'tishiga erishishda muhim sharoit hisoblanadi. Sulfatlar konsentratsiyasining pasayishi natijasida fosfat minerallarining parchalanish darajasi va tezligi kamayadi, shu bilan birgalikda SO_4^{2-} va HPO_4^{2-} ionlarining radiuslari yaqin bo'lganligi sababli kalsiy sulfat kristall panjarasiga kalsiy fosfatlarning o'rinishi (« P_2O_5 egallash») ortadi. Erkin sulfat kislota konsentratsiyasining ortishi P_2O_5 egallashni kamaytiradi, ammo fosfat zarrachalari sirtida diffuziyalanish va parchalanishni pasaytiruvchi kalsiy sulfatning quyqali mustahkam qatlam hosil qilib, kristallanishiga olib keladi. Shuning uchun amaliyotda parchalanishga ulgurmay qoladigan xomashyo, P_2O_5 egallash va cho'kmani vakuum-filtrda to'la yuvmaslik hisobidan minimal yo'qotilishga erishish uchun yo'naltirilgan optimal sulfatli tartib (rejim) tanlanadi.

Ekstraksiyalashning optimal sharoitida fosfat minerallarining parchalanish tezligi yetarlicha yuqori bo'ladi, jarayonning davomiyligi esa kristallanish tezligi va kalsiy sulfat kristallarining o'sishi orqali aniqlanadi. Amalda ekstraksiyalash davomiyligi xomashyo turi va jarayon tartibiga qarab 4–8 soat ni tashkil etadi. Bu yetarlicha yirik (albatta, cho'ktirishning optimal sharoitiga amal qilinganda), filtrda oson ajraluvchi kristallar hosil bo'lishini ta'minlaydi va reagentlarni qisqa muddatda qo'shish natijasida yuzaga keluvchi jarayon ko'rsatkichlariga salbiy ta'sir etuvchi omillardan yiroq bo'lishga olib keladi. Jarayon davom etishining kerakli vaqti, tegishlicha reaksiya hajm (ekstraktor) tanlash va u orqali reaksiya massa (suspenziya) ning sekinlik bilan, ammo shiddatli aralashtirilgan holda o'tishi hisobiga ta'minlanadi. Reaksiya hajm sifatida bir, ikki va undan ortiq sondagi reaktorlar ishlatiladi. Masalan, aralashtirgichlar bilan ta'minlangan va to'siqlar bilan ajratilgan bir necha bo'linmalardan iborat to'g'ri burchakli katta rezervuar shaklidagi bir bankali ekstraktor; bo'linmalarga ajratilgan yoki to'siqsiz 2-8 silindrik ekstraktorlardan iborat pog'onali qurilma (kaskad) kabilardan foydalaniladi.

Ekstraktorlar, aralashtirgichlar, o'tkazuvchi quvurlar, nasoslar va boshqa jihozlar qaynoq fosfat kislota ta'siri (korroziyasi) dan va suspenziyani aralashishi hisobiga yuzaga keladigan ishqalanish ta'sirida yemirilish (eroziya) dan himoya qilingan bo'lishi lozim.

Fosfatli xomashyo, sulfat va aylanma fosfat kislota me'yorlashtiruvchi qurilmalar va nasoslar yordamida ekstraktorning birinchi bo'linmasiga uzatiladi. Dastlabki aralashmada fosfat kislota ham bo'lganligi sababli:



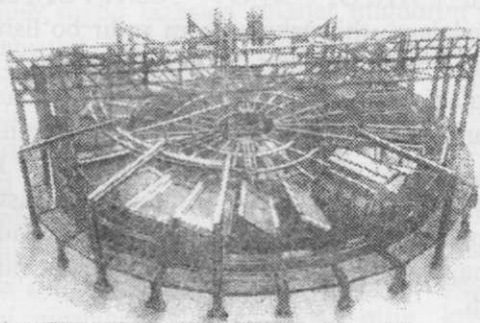
tenglama bilan ifodalanuvchi reaksiya ham sodir bo'lishi mumkin. Hosil bo'ladigan monokalsiyfosfat sulfat kislota bilan qayta ishlanib, kalsiy sulfat kristallantiriladi. Ekstraktorning birinchi bo'linmasiga, shuningdek, oxirgi yoki undan oldingi bo'linmadan suspenziyaning birtalay qismi qaytariladi – bu esa to'yinishning kamayishini va kalsiy sulfatning kristallanish sharoiti yaxshilanishini ta'minlaydi. Ekstraktorning gazli bo'shlig'idan xomashyoni parchalanishi natijasida ajraladigan ftorli gazlar absorbsion sistemaga so'rib olinadi, u yerda H_2SiF_6 ning suvli eritmasi bilan tutib qolinadi.

Ekstraktorning oxirgi bo'linmasidan kalsiy sulfatning fosfat kislotali suspenziyasidagi komponentlarni ajratish uchun filtrlashga yuboriladi. Fosfogipsni reaksion massa suyuq fazasidan ajratish natijasida – asosiy filtrat, fosfogipsni suv bilan yuvish natijasida esa – *yuvindi filtrat* hosil qilinadi. Asosiy filtratning bir qismi tayyor mahsulot sifatida chiqariladi, qolgan qismi esa yuvindi filtrat bilan aralashtiriladi va *aylanadigan eritma* tarzida ekstraktorga qaytariladi. Yuvish soniga bog'liq holda turli konsentratsiyadagi bir necha filtratlar hosil bo'ladi. Yuvish soni bo'yicha filtrlash sxemasi nomlanadi, masalan, uch-, to'rt filtratli va hokazo.

Fosfogipsning ajratilishi va yuvilishi barabanli lentali, aylanuvchi konveyer-tarnovli (karuselli) va boshqa vakuum-filtrlarda amalga oshiriladi. Filtrlarga qo'yiladigan asosiy talab bu fosfat kislotalardan cho'kmani yaxshi yuvib olishni ta'minlashdir.

Ko'pincha katta quvvatdagi ekstraksion sistemalarda tarnovli karusel vakuum-filtrlar qo'llaniladi (9.13-rasm). U alohida-alohida 24 tarnovdan iborat va ularning tag qismiga filtrlovchi to'qima yotqizilgan bo'ladi. Tarnov uzunligi 1,9 metrni, eni – ichki bo'linmasida 0,9 metrni, tashqi bo'linmasida esa 1,2 metrni va chuqurligi 0,2 metrni tashkil etadi. Tarnovlar aylanma rels bo'yicha harakatlanadigan g'ildirakli aravachalarga o'rnatilgan bo'ladi.

Ikkita – biri tarnov bilan birgalikda aylanuvchi harakatchan va ikkinchisi tegishli vakuum-yig'gichlardagi qo'zg'almas golovkalar yordamida filtratlar so'rib olinadi. Har bir tarnov filtrlash va yuvish doirasi (zonasi) dan o'tgandan so'ng, fosfogips qatlamini to'kish uchun avtomatik suratda ag'dariladi. Filtrlovchi to'qima yuviladi va havo bilan quritiladi. So'ngra tarnov yana ishchi holatga keladi va asosiy filtrlash doirasiga ko'chadi. Filtrlash yuzasi 40-100 m² ga teng. Bu filtrning afzalliklaridan biri – cho'kmani minimal miqdordagi suv bilan yuvish mumkin.



9.13-rasm. Tarnovli karusel vakuum-filtr.

Vakuum-filtrlarda fosfogipsni ajratishda 1 m^2 filtrlash yuzasidan bir soat ichida 500-800 kg gips cho'kmasi yoki 1000-1400 kg yarimgidrat ajratiladi (quruq massa hisobida). Fosfogipsning gigroskopik namligi 35-40% ni tashkil etadi. Olinadigan (quruq) fosfogipsning miqdori fosfatning navi va kalsiy sulfatning gidratlanish darajasiga bog'liq holatda qayta ishlanadigan tabiiy fosfat massasining 120-160% ni tashkil etadi. Apatitning qayta ishlanishida kalsiy sulfat yarimgidratining unumi 140% ni, digidratining unumi esa 160% ni tashkil qiladi. Yuvilgan sulfatli cho'kma filtrlash sexidan «quruq» holatda transportyor, avtomashina va boshqalar yordamida yo'qotiladi yoki suv bilan qorishtirilib nasos yordamida chiqindi hovuzlariga haydaladi.

Qoratog', shuningdek, ayniqsa, Qizilqum fosforitlari tarkibida magniy, aluminiy va temir birikmalari singari qo'shimchalar ko'p bo'lganligi uchun ekstraksiyalash jarayonida bir talay qiyinchiliklar kelib chiqadi, ishlab chiqarishning texnologik ko'rsatkichlari birmuncha pasayadi va chiqindi fosfogipsning solishtirma hajmi ko'payadi.

Hozirgi paytda butun dunyo sanoatlari amaliyotida sulfat kislotali ekstraksiyalash jarayonining kalsiy sulfatni cho'ktirish tartibi va texnologik sxemalar alohida bo'g'inlarining uskunali jihozlanishi: boshlang'ich reagentlarni me'yoriy kiritish, reaksiyon suspenziya olish, uning haroratini boshqarish, ajralib chiqadigan ftorli gazlarni zararsizlantirish, suspenziyani ajratish va sulfatli cho'kmani yuvish, uni chiqindixonaga yo'qotish bilan farqlanuvchi bir necha o'nlab variantlari ishlab chiqarishga tatbiq etilgan.

Ekstraksiyon fosfat kislota olishning digidratli usuli. Jahon amaliyotida (shu bilan birgalikda bizning mamlakatimizda ham)

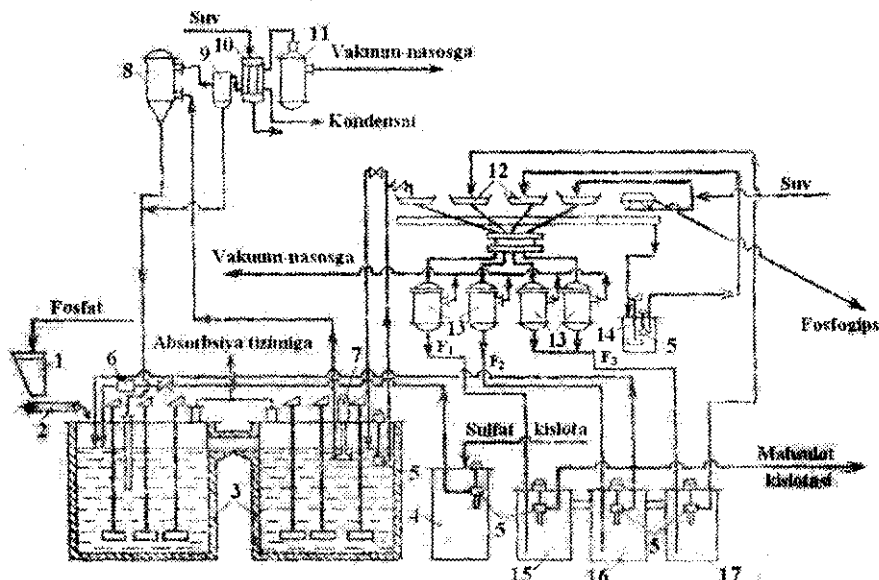
ekstraksion fosfat kislota ishlab chiqarish nisbatan sodda va ishonchli bo'lganligi sababli ko'pchilik hollarda digidratli usulga asoslangan. O'zbekistondagi «Ammofos-Maxam» AJ (Olmaliq) texnologik sistemasida har bir navbatining loyiha quvvati 136 ming t/yil P_2O_5 ga teng. Bu ishlab chiqarish korxonasida Markaziy Qizilqum fosforitlaridan ekstraksion fosfat kislota va undan ammmofos olinadi.

Shunday quvvat bilan EFK ishlab chiqarishda temir-betonli korpus bilan niqoblangan to'g'ri burchakli o'n seksiyali ekstraktor (ishchi hajmi 740 m^3) yoki ikki bankali (biridan ikkinchisiga suyuqlik o'z-o'zicha oqib tushuvchi va bir-biriga bog'langan ikki silindrik reaktor), aktiv filtrlash sirt yuzasi 80 m^2 (umumiy sirt yuzasi – 100 m^2) bo'lgan tarnovli karusel vakuum-filtr va qo'shimcha jihozlar majmuasidan iborat texnologik tizimdan foydalaniladi. Ekstraktorlarining hajmi 1500 m^3 dan katta va filtr sirt yuzasi 135 m^2 bo'lgan kuchli sistemalar ham ishlatiladi. Ekstraksiya tizimini bundanda kattalashtirish g'oyalari ham mavjuddir.

9.14-rasmda apatit konsentratidan fosfat kislota (28-32% P_2O_5) ishlab chiqarishning prinsipial sxemasi tasvirlangan (shunga o'xshash sxema bo'yicha Qoratog' fosforitidan 20-22% P_2O_5 , Markaziy Qizilqum fosforitlaridan esa 15-18% P_2O_5 konsentratsiyali kislota olinadi). Fosfatning parchalanishi $\sim 900\text{ m}^3$ hajmli ekstraktorda (to'ldirilish koeffitsienti 0,8) amalga oshiriladi. Ekstraktor ZI-35 markadagi xromnikelmolibdenli po'lat (yoki kislotabardosh materiallar bilan himoyalangan St.3) dan tayyorlangan ikkita (diametri 13 metr, balandligi 5,3 metr bo'lgan) silindrik reaktordan tarkib topgan. Har bir reaktorga bitta markaziy propellerli (yo'naltiruvchi apparatning kuraklarini burab quvvati o'zgartiriladigan gidravlik trubinali) va sakkizta trubinali aralashtirgichlar o'rnatilgan bo'ladi. Birinchi reaktorga bunkerdan (1) og'irlik o'lchov me'yorlashtirgich (2) orqali uzluksiz suratda apatit konsentrati kiritiladi. Xuddi shu yerga muntazam ravishda barometrik yig'gichdan (16) botirma nasoslar yordamida aylanma fosfat kislotasi, vakuum-bug'latgichli qurilmadan keladigan sirkulatsiyali suspenziya [sirkulatsiyaning qaytarilishi (8÷12):1 nisbatda bo'ladi] va sulfat kislota yuboriladi (sulfat kislotaning bir qismi yoki to'la ikkinchi reaktorga ham berilishi mumkin).

Ekstraktordagi suspenziyaning suyuq va qattiq fazalari nisbati, ya'ni $S:Q = (1,7\div 2,5):1$ da ushlab turiladi. Suspenziya birinchi reaktordan ikkinchisiga oqib tushadi, u yerdan uning asosiy qismi kuchli botirma nasoslar (7) (quvvati $600\text{ m}^3/\text{s}$ bo'lgan ikkita nasos) yordamida vakuum-bug'latgichga (8) beriladi. Vakuum-bug'latgich rezervuardan iborat bo'lib, u yerda vakuum-nasos yordamida pastaytirilgan bosim ushlab turiladi. Shu

tufayli unga tushadigan suyuqlik go'yoki qizdirilgandagi kabi qaynaydi, natijada esa undan ma'lum miqdordagi suv bug'lanadi. Bu esa haroratning $3-5^{\circ}\text{C}$ ga kamayishiga olib keladi (haroratning keskin kamayishi mumkin emas). Vakuumbug'latgichdan chiqadigan gazlar tomchi ushlagich (9) orqali ustki kondensatorga (10) o'tkaziladi, u yerda suv bug'i kondensatsiyalanadi va fluor birikmalarining ma'lum bir qismi ushlab qolinadi. Gazlarni flordan tozalashning oxirgi bosqichi barbotaj neytrallagichda (11) amalga oshiriladi.



9.14-rasm. Digidratli usulda ekstraksiya fosfat kislotasi ishlab chiqarish sxemasi:

1 – fosfatli xomashyo uchun bunker; 2 – og'irlik o'lchov me'yoralagichi; 3 – ikki bankali ekstraktor; 4 – sulfat kislotasi saqlagichi; 5 – botirma nasoslar; 6 – sulfat kislotasi saqlagichi; 7 – sirkulyatsiyali botirma nasos; 8 – bug'latgich; 9 – tomchi ushlagich; 10 – kondensator; 11 – barbotajli neytrallagich; 12 – karusel vakuum-filtrining tarnovlari; 13 – separatorlar; 14 – filtrli to'qima regeneratsiyasidan hosil bo'luvchi suspenziyaning oraliq yig'igichi; 15, 16, 17 – birinchi (asosiy) filtrat uchun (15), aylanma fosfat kislotasi uchun (16), yuvindi filtrat uchun (17) barometrik yig'igichlar.

Mahsulot sifatidagi suspenziya tarnovli karusel filtrga kelib tushadi, u yerda uch filtratli sxema bo'yicha gips ajratiladi va yuviladi. Aktiv sirt yuzasi 80 m^2 bo'lgan filtr kattaligi: uzunasi – 3,27 metr, ichki eni – 0,97 metr, tashqi – 1,92 metr, chuqurligi – 0,2 metr bo'lgan tarnovdan iborat.

Filtrlovchi material sifatida fosfat kislotaga chidamli bo'lgan – lavsanli va boshqa sintetik to'qimalar ishlatiladi.

Gaz-suyuqlikli aralashma separatorlarda (13) ajratiladi, ularda vakuum-nasoslar yordami bilan 65–85 KPa li vakuum sharoiti ushlab turiladi. Birinchi filtrat F_1 tayyor mahsulot yig'gichiga (15) yuboriladi, uning bir qismi aylanma kislotaning barometrik yig'gichiga (16) quyilish orqali o'tadi. U yerga, shuningdek, cho'kmani uchinchi filtrat F_3 bilan yuvishdan hosil bo'lgan ikkinchi filtrat F_2 ham tushadi. Filtrat F_3 – suspenziya cho'kmasining filtrli to'qimani regeneratsiyalashdan (yig'gich 14) olingan eritma va qaynoq (60-70°C) toza suv bilan yuvilishi natijasida hosil bo'ladi (yig'gich 17). Yuvilgan gips tarnovdan chiqindixonaga, agarda suspenziya shaklida chiqarilsa yig'gichga yoki «quruq» holda chiqarilsa transportyor lentasiga uzatiladi. Filtratlardagi P_2O_5 miqdori – boshlang'ich xomashyo sifatida apatit konsentrati ishlatilganda: F_1 da – 28-32%, F_2 da – 22-25%, F_3 da esa – 5-10%; fosforit flotokonsentrati ishlatilganda esa: F_1 da – 21-22%, F_2 da – 14-15%, F_3 da esa – 5-7% bo'ladi.

Ekstraksiya uchun 93% li sulfat kislota ishlatish afzaldir. Bunda texnologik jarayondagi suv balansi yaxshilanadi – gipsning yuvilishini ko'p miqdordagi suv bilan amalga oshirish imkoniyati yaratiladi. Natijada chiqindixonaga chiqariluvchi fosfogips bilan yo'qotiladigan fosfat kislota va zararsizlantirish lozim bo'lgan oqava suvlar miqdori kamayadi.

Kislota konsentratsiyasining oshirilishi olinadigan fosfat kislotadagi P_2O_5 miqdorini o'zgartirmaydi, uning konsentratsiyasi yuqorida ta'kidlanganidek, gips kristallanishining optimal sharoiti orqali oldindan belgilanadi. Yanada kattaroq konsentratsiyali sulfat kislota ishlatilganda issiqlik ajralishi (suyultirish issiqligini ortishi hisobiga) keskin ortadi, ammo uni sistemadan ajratib olish talab etiladi.

Digidratli usulda fosfat kislota olishda fosfat xomashyosi tarkibidagi barcha ftorning (asosan SiF_4 tarzida) 3-5% igina gazli faza bilan ajraladi (~80 foizi mahsulot kislotasiga, 15-17 foizi esa fosfogipsga o'tadi). Sovutish usuli va ventilyatorning uzatishga bog'liq holda ekstraktordan ajratib olinadigan gaz tarkibidagi ftoridlar konsentratsiyasi, ftor hisobida 0,2-2,5 g/m³ ni tashkil etadi. Ekstraksiya sexida o'rnatilgan absorbsiya sistemalari, asosan, chiqindi gazlarini tozalash uchun mo'ljallangan, bunda hosil bo'ladigan H_2SiF_6 ning kuchsiz eritmaları neytrallashtirish stansiyalariga yuboriladi yoki fosfogipsni yuvish uchun ishlatiladi.

Tabiiy fosfatlardan ekstraksiya fosfat kislota ishlab chiqarish ko'rsatkichlari analitik ma'lumotlar bo'yicha aniqlanadi: P_2O_5 ning

texnologik umumi ($K_{\text{unum}}, \%$), ya'ni P_2O_5 ning xomashyodan fosfat kislota ga o'tish darajasi apatitni qayta ishlashda – 95-96% ni va turli fosforitlar uchun – 71-94% ni tashkil qiladi. U P_2O_5 ning eritmaga *ajralish koeffitsienti* ($K_{\text{ajr}}, \%$) dan 2-3% ga kichikdir. Buni fosfogipsni fosfat kislota dan yuvilishining to'la bo'lmashligi bilan izohlanadi: *yuvilish koeffitsienti* ($K_{\text{yuvish}}, \%$) odatda 97-99% ni tashkil etadi. Vaholanki:

$$K_{\text{unum}} = K_{\text{ajr}} \cdot K_{\text{yuvish}} / 100 \text{ ga teng.}$$

Ekstraksiyalashning digidratli usulida kislota ga P_2O_5 ning *mahsulotli (xo'jalik) umumi* 93-95% ni tashkil etadi, shunga mos ravishda 1 t P_2O_5 li mahsulotga 2,73-2,65 t apatit (1075-1045 kg P_2O_5) va 2,48-2,45 t (CaO ni bog'lash uchun stexiometrik me'yordagi, ya'ni 1 t apatitga 0,915 t) 100% li sulfat kislota sarflanadi. Fosforitlarni qayta ishlashdagi sarf koeffitsientlari apatitlarni qayta ishlashdagiga nisbatan: fosfat bo'yicha 1,5-2,3 marta; fosfat tarkibidagi P_2O_5 bo'yicha 1,02-1,27 marta; sulfat kislota bo'yicha 1,2-1,7 marta kattaroqdir. Xomashyo xarajatlari ekstraksion fosfat kislota ishlab chiqarish umumiy xarajatlarining 70-80% ni tashkil etadi.

Apatitdan digidratli usulda olinadigan ekstraksion fosfat kislota tarkibida: 25-32% P_2O_5 ; 1,8-2,8% SO_3 ; 0,1-0,4% CaO; 0,3-0,4% Al_2O_3 ; 0,3-0,5% Fe_2O_3 ; 1,7-2% F bo'ladi.

Ekstraksion fosfat kislota tarkibidagi fluor asosan H_2SiF_6 shaklida bo'ladi. Kislota ni flordan tozalash, H_2SiF_6 ni natriy, kaliy, bariy tuzlari bilan cho'ktirish orqali o'tkazilishi mumkin. Odatda 1 l fosfat kilotaga 30-40 g NaCl qo'shiladi.



Reaksiya bo'yicha hosil bo'ladigan kam eruvchan natriy kremneftorid cho'kmaga tushadi va dastlab tindirilib, so'ngra sentrifugalash va filtrlash yo'li bilan ajratib olinadi. Shunday qilib 75-85% gacha florni ajratiladi va fosfat kislota dagi uning miqdori 0,2-0,3% gacha kamayadi. Natriy xlorid bilan florsizlantirilgan fosfat kislota, ayniqsa, harorat oshirilganda jihozlarning kuchli korroziyalanishiga sabab bo'ladi. Shuning uchun kislota ni bug'latish yo'li bilan konsentrlashga zarurat tug'ilganda, florsizlantirish soda yoki natriy fosfat yordamida amalga oshiriladi.

Fosfogips tarkibida ozgina miqdorda yuvilmagan fosfat kislota bo'ladi va shuning uchun uni ishlab chiqarishga yaqin hududlardagina mineral o'g'it sifatida foydalanilishi mumkin, chunki ozuqa elementi juda kam bo'lganligi uchun bir joydan ikkinchi joyga tashish iqtisodiy samarasizdir. Fosfogips sho'rxok tuproqlarni gipslashtirishda yoki shuvoq alebastrlari va boshqa quyma qurilish buyumlari ishlab chiqarishda

ishlatilishi mumkin. Uning sementli shixta tarkibida termik parchalanishi natijasida sementli klinker va sulfitli gazlarga aylantirilishi mumkin. Sulfit anhidrididan sulfat kislota olinadi va shu usul bilan fosfatni parchalashga sarflanadigan sulfat kislota regeneratsiyalanishi mumkin. Fosfogips, shuningdek, ammoniy sulfat olishda sulfat anioni manbai (sulfat kislota o'rniga) vazifasini bajarishi mumkin. Ishlatiladigan joyga fosfogipsni tashishni yaxshilash uchun (va qishki vaqtda tashish paytida muzlab qolmasligi uchun) jo'natishdan oldin uni 3% dan kam bo'lgan namlikkacha quritilishi va quritishda hosil bo'ladigan guvalasimon materialni kukunsimon holatgacha maydalanishi lozim. Hozircha O'zbekistonda va boshqa chet mamlakatlarda ham fosfogipsdan yirik masshtabda foydalanish yo'lga qo'yilmagan – u ishlab chiqarishning to'planayotgan chiqindisi hisoblanadi. Chunki, fosfogipsga qaraganda, tabiatda keng tarqalgan kalsiy sulfatni qayta ishlash ancha soddadir. Vaqti kelib, bu sanoat chiqindisi ham – kerakli ishlab chiqarish korxonalari uchun eng zarur va qimmatli xomashyo manbasiga aylanishi mumkin.

Fosforitlardan ekstraksion fosfat kislota olishdagi ishlab chiqarish ko'rsatkichlari apatit konsentratini qayta ishlashdagiga nisbatan pastdir: olinadigan kislota konsentratsiyasi past (21-22% P_2O_5), uning tarkibida ko'p miqdordagi qo'shimchalar bo'lganligi uchun qisman neytrallangan bo'ladi, nisbatan ko'p miqdordagi chiqindi – fosfogips hosil bo'ladi. CO_2 ajralishidan reaksiya massaning ko'piklanishi hisobiga ekstraktor hajmidan to'la foydalanilmaydi, bu esa sistemaning unumdorligini pasaytiradi. Ko'pik hosil bo'lishini kamaytirishga xomashyodagi karbonatlarni oldindan parchalash – rudani kuydirish yoki fosforit unini ekstraktorga uzatishdan oldin ozgina miqdordagi kislota bilan namlash orqali erishiladi.

Fosforit flotokonsentratlardan digidratli usulda olinadigan ekstraksion fosfat kislota tarkibida: 20-22% P_2O_5 ; 2,2-3,5% SO_3 ; 0,2-0,4% CaO ; 1,8-2,0% MgO ; 0,4-1,2% Al_2O_3 ; 0,4-0,8% Fe_2O_3 ; 1,4-2,1% F bo'ladi.

Ekstraksion fosfat kislota olishning yarimgidratli va yarimgidrat-digidratli usuli. *Yarimgidratli usullar* ekstraksiyalash jaryonida to'g'ridan-to'g'ri konsentrlangan fosfat kislota olish yo'llari bo'yicha izlanishlar natijasida yaratildi. Ularni amaliyotga tatbiq etilishi shuni ko'rsatadiki, bunda ular ham afzallikka (reaktor va filtrlash qurilmalarining yuqori intensivlikka egaligi, mahsulot kislotali konsentratsiyasining 35-48% P_2O_5 gacha ortishi, sulfatli cho'kma chiqindisining kamayishi), ham yetarlicha kamchilikka egadir (reaksiya

muhit agressivligining ortishi, P_2O_5 va fluor yo'qotilishining ortishi, nostabil yarimgidrat cho'kmasining qisman gidratlanishi natijasida filtr tagligiga yopishib qolgan cho'kmanining o'sishi hisobiga filtrning yirtilib ishdan chiqishi va hokazo). Bu kamchiliklar birin-ketin bartaraf etilmoqda va jahon amaliyotidagi yarimgidratli usulning o'zni yanada kengaytmoqda.

Fosfat kislotani ekstraksiyalashning yarimgidratli jarayoni bir necha sxemalar bo'yicha amalga oshirilishi mumkin. Ulardan birida barcha reagentlarni reaktorning birinchi bo'linmasiga kiritish bilan xuddi yuqorida bayon etilgan digidratli usuldagidek jarayon amalga oshiriladi. Yarimgidratning cho'kishi suyuq faza tarkibida 35-38% P_2O_5 va 1-1,5% SO_3 , harorat 95-105°C bo'lganda sodir bo'ladi. Boshqa xil variantda esa apatitni oldindan 3-4 karra ko'p miqdordagi konsentrlangan (45-48% P_2O_5) fosfat kislota (birinchi filtrat va aylanma suspenziya) bilan 95-102°C da parchalanadi; olingan monokalsiyfosfat bo'lgan suspenziya, so'ngra 92-93% li sulfat kislota bilan qayta ishlanadi. Apatitni parchalash va yarimgidratni kristallantirish bosqichlarining jihozli bo'linishi natijasida xomashyodan yuqori darajada (97-98,5%) foydalanishga erishiladi va tarkibida: 0,2-0,4% CaO ; 0,5-0,8% SO_3 ; 1-1,2% $(Fe, Al)_2O_3$; 1-1,1% F yoki 0,2-0,3% F (suspenziya suyuq fazasini soda yordamida ftorsizlantirish orqali) bo'lgan konsentrlangan (45-48% P_2O_5) mahsulot kislotasi olinadi.

Yarimgidratli jaryonlarda turg'un bo'lmagan kalsiy sulfat cho'kmasini suv bilan yuvish va sexdan yo'qotishni ta'minlash kerak. Ammo uni digidratga o'tkazish, hattoki suvli suspenziyaga ma'lum miqdordagi stabilizatorlar [masalan, $Ca(OH)_2$] qo'shilganda ham sekin kechadi. Bu esa uning uzatilishini suvli suspenziya holatida quvurli gidrouzatgichlarda uzatilishini talab etadi. Suyuq fazadagi P_2O_5 konsentratsiyasi va reaktordagi harorat nisbatan yuqori bo'lganligi uchun, digidratli jarayonga nisbatan yarimgidratli jarayonlarda ajraladigan gazli fazadagi florning miqdori ko'p bo'ladi va 15-50% ni tashkil qiladi; uning tutib qolinishi va boshqa maqsadlarda foydalanilishini ta'minlash lozim bo'ladi. Umuman olganda, yarimgidratli jarayonlardagi P_2O_5 ning texnologik unumi digidratligiga nisbatan 1-2% ga kam bo'ladi, shunga mos holda mahsulotli unum ham kamayadi.

Keyingi paytlarda jahon amaliyotida *yarimgidrat-digidratli jarayonlar* keng tarqalmoqda. Ularda fosfat rudasi yarimgidrat hosil qilib parchalanadi, so'ngra u gidratlanadi, ya'ni digidratga qayta kristallantiriladi. Bu esa kislotaga yuqori unum bilan P_2O_5 ning (98-99%) o'tishini va keyingi maqsadlarda ishlatish imkoniyatini oshiruvchi,

tarkibida juda kam miqdordagi suvda eruvchan P_2O_5 bo'lgan gips hosil bo'lishini ta'minlaydi. Bunday jarayonning yutug'i shundaki, unda nisbatan yirik zarrachali xomashyolarni kislotaga o'tadigan P_2O_5 unumini pasaytirmagan holda qayta ishlash imkoniyati yaratiladi. Chunki, yarimgidratning digidratga qayta kristallanish jarayonida ham sulfatli qobiq bilan ajralib qolgan fosfat zarrachalarining parchalanishi davom etadi.

Yuqori haroratni ushlab turish yo'li bilan yarimgidratning sekin gidratlanishiga qaratilgan yarimgidratli usuldan farqli ravishda, kombinatsiyalashgan jarayonda, tarkibida kam miqdordagi P_2O_5 ushlab qoladigan yirik kristalli ($200 \div 500 \times 40 \div 80$ mkm) gipsning ajralishiga erishilgan holda gidratlanish sharoiti har tomonlama boshqariladi. Kombinatsiyalashgan jarayonning birinchi variantiga: $90-95^\circ C$ da fosforitning sulfat va aylanma fosfat kislotalar bilan aralashishidagi yarimgidratning cho'ktirilish, suspenziyaning $50-60^\circ C$ gacha sovutilish va gipsning kristallanishida kristall markazlari hosil qiluvchi qo'shimchalar, sulfat kislota va Al^{3+} bilan birgalikda kristall o'sishini so'ndiruvchi florid-ionlarini bog'lash maqsadida aktiv kremniy dioksid qo'shish yo'li bilan yarimgidratning gidratlantirish jarayonlari kiradi. Gidratlanish vaqti 5-16 s ga teng, yuvilgandan so'ng cho'kmaning tarkibida 1 mol $CaSO_4$ ga to'g'ri keladigan 1,8-1,9 mol H_2O , 0,3% umumiy P_2O_5 (digidratli jarayonda esa 0,5-1,5%) va hammasi 0,02-0,08% bo'lgan suvda eruvchan P_2O_5 bo'ladi. Yarimgidratning cho'ktirilishi va uning gidratlanishi deyarli bir xil tarkibdagi eritmalarda amalga oshiriladi va bayon etilgan usul tarkibida 32% P_2O_5 dan ko'p bo'lmagan konsentratsiyali fosfat kilota olish imkoniyatini yaratadi. 1 t P_2O_5 hisobida mahsulot ishlab chiqarish uchun 2,95 t fosforit (1,03 t P_2O_5), 2,72 t H_2SO_4 , 0,25 t bug', 160 kVt-s elektroenergiya sarflanadi.

Oxirgi yillarda bundanda takomillashgan – mahsulot kislotasini oraliq bosqichda ajratib olishga asoslangan yarimgidrat-digidratli usullari yaratildi. Yarimgidratning cho'ktirilishi $90-100^\circ C$ haroratda 45-50% P_2O_5 bo'lgan eritmalarda amalga oshiriladi, mahsulot sifatidagi konsentrlangan kislota ajratib olgan holda suspenziya filtrlanadi, sentrifugalanadi yoki tindiriladi; cho'kmani, tarkibida: 10-25% P_2O_5 va 5-10% H_2SO_4 bo'lgan eritma bilan qayta bo'tqa holatiga keltiriladi va $55-65^\circ C$ haroratda yarimgidratning gidratlanishi amalga oshiriladi; uni jarayonga qaytariluvchi suyuq fazadan ajratiladi. Oraliq filtrlash bilan amalga oshiriladigan yarimgidrat-digidratli usulning afzalligi shundaki, bunda: yuqori konsentratsiyali kislota olinadi; yirik zarrachali xomashyolarni ham

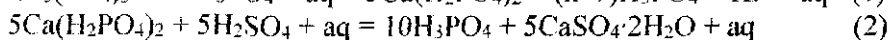
ishlatish mumkin, bu esa ruda tayyorlash kapital mablag'lari va ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytiradi; nisbatan toza fosfogips hosil bo'lganligi uchun undan xomashyo sifatida foydalanish imkoniyatlari kengayadi. Bularning hammasi ikkinchi filtrlash xarajatlarini to'la qoplaydi.

Yarimgidratli va yarimgidrat-digidratli usullarda konsentrlangan (35-50% P_2O_5) fosfat kislota ishlab chiqarishdagi fluor gazlarning absorbsiyasi SiF_4 ning nisbatan oz miqdordagi HF bilan aralashmasidan mahsulot sifatidagi geksaftorsilikat kislota olish orqali amalga oshiriladi. Bu holdagi gazlarda fluorning konsentratsiyasi 2-10 g/m² ga yetadi, uni ajratib olish mexanik absorberlarda, suzuvchi sharli absorberlarda, shar to'ldirgichli absorberlarda yoki Venturi absorberlarida amalga oshirilishi mumkin. Venturi absorberlari tuzilishi bo'yicha yuqori tezlikdagi gazlarni (20-30 m/s) tozalashda ishlatilishi mumkin, kam gidravlik qarshilikka ega va shuning uchun keng ko'lamda qo'llaniladi.

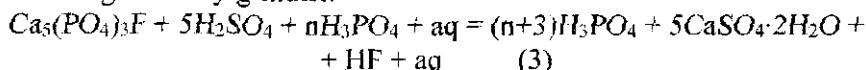
Lekin shuni ham ta'kidlash lozimki, tabiiy fosfatlarni ekstraktsion fosfat kislota va boshqa mahsulotlarga qayta ishlaydigan sanoatlardagi gazlarni fluor birikmalaridan tozalashda ishlatiladigan sistemalar yer shari sirtidagi havoda CHMK (chegaralangan me'yordagi konsentratsiya) talablariga javob bermaydi va gazlarni atmosferada yoyilib ketishi hisobiga konsentratsiyasini kamaytirilishi uchun juda uzun (180 metrgacha) mo'rili quvurlar ishlatiladi. Nisbatan murakkab absorbsion tizimli qurilmalar esa ishlab chiqarishni 1,3-1,5 marta qimmatlashishiga olib keladi. Atmosferaga chiqariladigan zaharli chiqindilarni kamaytirish gaz aylanma sikllarini, ya'ni chiqadigan gazlarni asosiy ishlab chiqarish jarayoniga qaytarilishini ta'minlash orqali ham erishilishi mumkin. Masalan, ekstraktsion fosfat kislota sexida absorbsion qurilmadan chiqadigan gaz, ya'ni 60 mg/m³ gacha qoldiq fluor bo'lgan nam havo ekstraktorga qaytarilishi mumkin, u yerda u qaynoq reaksiya suspenziya bilan to'qnashadi va ekstraktordagi talab etiladigan darajadagi haroratni ushlab turadi, bug'lanadigan suv hisobiga qiziydi va to'yinadi. Shu yo'l bilan ekstraktordagi ortiqcha reaksiya issiqligi ham chiqarib olinadi. So'ngra, 1 m³ quruq havo hisobiga ~3 g fluor to'g'ri keladigan anchagina namlangan gaz yana absorbsion sistemaga keladi, u yerda undan fluor birikmalarining asosiy massasi va suv bug'i ajratib olinadi, sovutilgan geksaftorsilikat kislota bilan absorbsiyalashga uzatilishi hisobiga uning harorati yana pasayadi.

Fosforitni sulfat kislotali parchalash jarayonining moddiy balansi

Jarayon quyidagicha sodir bo'ladi:



Tenglamalar yig'indisi:



Agar fosforit tarkibida komponentlar miqdori, massa % hisobida:

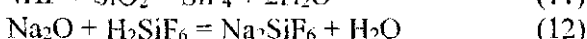
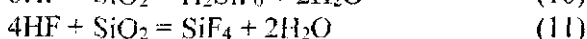
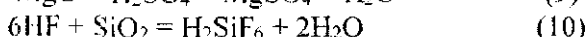
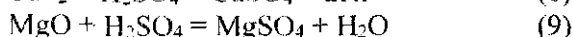
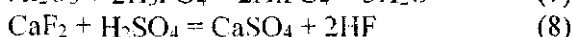
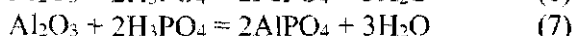
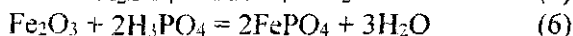
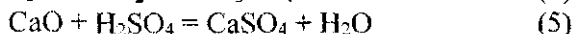
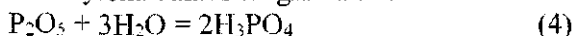
$\text{P}_2\text{O}_5 = 25,0$; $\text{CaO} = 33,3$; $\text{MgO} = 1,6$; $\text{CaF}_2 = 6,0$ ($F = 3,0$); $\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,8$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,0$; $\text{K}_2\text{O} = 0,6$; $\text{Na}_2\text{O} = 0,8$; $\text{SiO}_{2(\text{er.})} = 2,0$; $\text{CO}_2 = 8,7$; erimaydigan qoldiq = 19,2; $\text{H}_2\text{O} = 1,0$ bo'lsa hamda ishlab chiqarishda parchalanish koeffitsienti = 0,98; yuvilish koeffitsienti = 0,98; P_2O_5 ni H_3PO_4 ga o'tishi $0,98 \times 0,98 = 0,96$; gaz fazaga ftorning o'tishi 20% ni; S:Q = 3:1 (suyuq va qattiq fazalar nisbati); qurilma quvvati 5000 kg/soat; H_3PO_4 dagi $\text{P}_2\text{O}_5 = 21\%$; sulfat kislota (92% li) boshlang'ich fosforitga (undagi CaO va MgO hisobiga) nisbatan stexiometriya bo'yicha 100% ni tashkil etishini e'tiborga olgan holda balans tenglamasini tuzamiz.

Ekstraktorga beriladigan fosforit:

$$m_f = \frac{5000}{0,25 \cdot 0,96} = 20833 \text{ kg/soat}$$

Komponentlar: $\text{P}_2\text{O}_5 = 5208 \text{ kg/s}$; $\text{CaO} = 6937 \text{ kg/s}$; $\text{CaF}_2 = 1250 \text{ kg/s}$; $\text{MgO} = 334 \text{ kg/s}$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 167 \text{ kg/s}$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 208 \text{ kg/s}$; $\text{K}_2\text{O} = 125 \text{ kg/s}$; $\text{Na}_2\text{O} = 167 \text{ kg/s}$; $\text{SiO}_2 = 416 \text{ kg/s}$; $\text{CO}_2 = 1813 \text{ kg/s}$; erimaydigan qoldiq = 4000 kg/s; $\text{H}_2\text{O} = 208 \text{ kg/s}$.

Bosqichlar bo'yicha balans tenglamalari:



(4) tenglama bo'yicha H_3PO_4 miqdori:

$$m_{H_3PO_4}^1 = \frac{5208 \cdot 0,98 \cdot 2 \cdot 98}{142} = 7068 \text{ kg/s}$$

suv sarfi: $m_{H_2O}^1 = \frac{7068 \cdot 3 \cdot 18}{2 \cdot 98} = 1950 \text{ kg/s}$

bunda, 142, 98 va 18 – P_2O_5 , H_3PO_4 va suvning molekulyar massalari;
0,98 – fosforitning parchalanish koeffitsienti.

(5) tenglama bo'yicha H_2SO_4 sarfi:

$$m_{H_2SO_4}^1 = \frac{6937 \cdot 0,98 \cdot 98}{56} = 11892 \text{ kg/s}$$

Hosil bo'lgan $CaSO_4$ miqdori:

$$m_{CaSO_4}^1 = \frac{11892 \cdot 136}{98} = 16500 \text{ kg/s}$$

Hosil bo'lgan suv miqdori:

$$m_{H_2O}^2 = \frac{11892 \cdot 18}{98} = 2184 \text{ kg/s}$$

bulardagi 98; 56 va 136 – H_2SO_4 , CaO va $CaSO_4$ molekular massalari.

(8) tenglama bo'yicha H_2SO_4 sarfi:

$$m_{H_2SO_4}^2 = \frac{1250 \cdot 0,98 \cdot 98}{78} = 1538 \text{ kg/s}$$

Hosil bo'lgan $CaSO_4$ miqdori:

$$m_{CaSO_4}^2 = \frac{1538 \cdot 136}{98} = 2132 \text{ kg/s (CaSO}_4 \cdot 2H_2O \text{ hisoblansa 2696 kg/s).}$$

Hosil bo'lgan HF miqdori:

$$m_{HF} = \frac{1538 \cdot 2 \cdot 20}{98} = 628 \text{ kg/s}$$

bulardagi 98; 78; 136 va 20 – H_2SO_4 , CaF_2 , $CaSO_4$, HF larning molekular massalari.

(9) tenglama bo'yicha H_2SO_4 sarfi:

$$m_{H_2SO_4}^3 = \frac{334 \cdot 98}{40} = 818 \text{ kg/s. Bunda } m_{MgSO_4}^1 = 1002 \text{ kg/s hosil bo'ladi.}$$

Hosil bo'lgan suv miqdori:

$$m_{H_2O}^3 = \frac{818 \cdot 18}{98} = 150 \text{ kg/s}$$

bulardagi 40; 98 va 18 – MgO , H_2SO_4 va H_2O larning molekular massalari.

(5), (8) va (9) tenglamalar bo'yicha talab qilinadigan sulfat kislotaning umumiy miqdori:

$$M_{H_2SO_4} = 11892 + 1538 + 818 = 14248 \text{ kg/s}$$

bunda $CaSO_4$ ning umumiy miqdori:

$$M_{CaSO_4} = 18632 \text{ kg/s yoki } 23564 \text{ kg/s } CaSO_4 \cdot 2H_2O \text{ (suv miqdori esa 4932 kg/s)}$$

(6) tenglama bo'yicha H_3PO_4 sarfi:

$$m_{H_3PO_4}^2 = \frac{208 \cdot 0.98 \cdot 2.98}{160} = 250 \text{ kg/s}$$

Hosil bo'lgan $FePO_4$ miqdori:

$$m_{FePO_4} = \frac{250 \cdot 2.151}{2.98} = 375 \text{ kg/s}$$

bunda hosil bo'lgan suv miqdori:

$$m_{H_2O}^4 = \frac{250 \cdot 3.18}{2.98} = 70 \text{ kg/s}$$

bulardagi 160; 98; 151 va 18 – Fe_2O_3 , H_3PO_4 , $FePO_4$ va H_2O larning molekular massalari.

(7) tenglama bo'yicha H_3PO_4 sarfi:

$$m_{H_3PO_4}^3 = \frac{167 \cdot 0.98 \cdot 2.98}{102} = 255 \text{ kg/s}$$

Hosil bo'lgan $AlPO_4$ miqdori:

$$m_{AlPO_4} = \frac{255 \cdot 2.122}{2.98} = 317 \text{ kg/s}$$

bunda hosil bo'lgan suv miqdori:

$$m_{H_2O}^5 = \frac{255 \cdot 3.18}{2.98} = 90 \text{ kg/s}$$

bulardagi 102; 98; 122 va 18 – Al_2O_3 , H_3PO_4 , $AlPO_4$ va H_2O larning molekular massalari.

(10) va (11) tenglamalar bo'yicha ishlab chiqarish amaliyotida 20% fluor gaz fazasiga o'tadi. Uning 15% qismi SiF_4 va 5% qismi esa HF holatida bo'ladi. Eritmada esa 80% H_2SiF_6 holatida qoladi.

Gaz fazaga o'tgan HF miqdori (SiF_4 tarzida):

$$m_{SiF_4}^1 = HF \cdot 0.15 = 628 \cdot 0.15 = 94 \text{ kg/s.}$$

HF holida esa:

$$m_{HF}^2 = 628 \cdot 0.05 = 30 \text{ kg/s.}$$

Gaz fazaga o'tgan fluorning umumiy miqdori:

$$M_{HF} = 94 + 30 = 124 \text{ kg/s.}$$

Suyuq fazadagi HF miqdori:

$$m_{HF}^3 = 628 - 124 = 504 \text{ kg/s.}$$

(10) tenglama bo'yicha ta'sirlashadigan HF: 504 kg/s.

SiO₂ sarfi esa:

$$m_{SiO_2}^1 = \frac{504 \cdot 60}{6 \cdot 20} = 252 \text{ kg/s.}$$

Hosil bo'ladigan H₂SiF₆ miqdori:

$$m_{H_2SiF_6}^1 = \frac{252 \cdot 144}{60} = 605 \text{ kg/s.}$$

Hosil bo'ladigan suv miqdori:

$$m_{H_2O}^6 = \frac{252 \cdot 2 \cdot 18}{60} = 151 \text{ kg/s.}$$

(11) tenglama bo'yicha HF sarfi:

$$m_{HF}^1 = 94 \text{ kg/s.}$$

Eruvchan SiO₂ sarfi:

$$m_{SiO_2}^2 = \frac{94 \cdot 60}{4 \cdot 20} = 70,5 \text{ kg/s.}$$

Hosil bo'ladigan SiF₄ miqdori:

$$m_{SiF_4} = \frac{70,5 \cdot 104}{60} = 122 \text{ kg/s.}$$

Hosil bo'ladigan suv miqdori:

$$m_{H_2O}^7 = \frac{70,5 \cdot 2 \cdot 18}{60} = 42 \text{ kg/s.}$$

(12) tenglama bo'yicha H₂SiF₆ sarfi:

$$m_{H_2SiF_6}^2 = \frac{167 \cdot 144}{62} \approx 390 \text{ kg/s.}$$

(13) tenglama bo'yicha H₂SiF₆ sarfi:

$$m_{H_2SiF_6}^3 = \frac{125 \cdot 144}{94} = 200 \text{ kg/s.}$$

bunda 62; 94 lar Na₂O va K₂O lar molekular massalari.

H₂SiF₆ ning umumiy sarfi:

$$M_{H_2SiF_6} = 390 + 200 = 590 \text{ kg/s}$$

eritmadagi miqdori esa:

$$m_{H_2SiF_6}^4 = 605 - 590 = 15 \text{ kg/s.}$$

ta'sirlashmagan SiO_2 miqdori: $m_{SiO_2}^3 = 416 - 322 = 94 \text{ kg/s.}$

$$\text{Hosil bo'lgan } Na_2SiF_6 \text{ miqdori: } m_{Na_2SiF_6} = \frac{167 \cdot 188}{62} = 506 \text{ kg/s.}$$

$$\text{Hosil bo'lgan } K_2SiF_6 \text{ miqdori: } m_{K_2SiF_6} = \frac{125 \cdot 246}{94} = 326 \text{ kg/s.}$$

(12) va (13) tenglama bo'yicha hosil bo'lgan suvning umumiy

$$\text{miqdori: } m_{H_2O}^8 = \frac{550 \cdot 18}{144} = 69 \text{ kg/s.}$$

(5)÷(13) tenglamalarda hosil bo'ladigan suvning umumiy miqdori:

$$M_{H_2O} = m^1 + m^3 + m^4 + m^5 + m^6 + m^7 + m^8 = 2184 + 150 + 70 + 90 + 151 + 42 + 69 = 2756 \text{ kg/s.}$$

(6) va (7) tenglamalar bo'yicha bog'langan fosfat kislota miqdori:

$$M_{H_3PO_4} = m_{H_3PO_4}^2 + m_{H_3PO_4}^3 = 250 + 255 = 505 \text{ kg/s.}$$

Eritmadagi erkin fosfat kislota miqdori:

$$m_{H_3PO_4}^9 = 7068 - 505 = 6563 \text{ kg/s.}$$

(5), (8) va (9) tenglamalar bo'yicha H_2SO_4 ning umumiy sarfi:

$$M_{H_2SO_4}^{umum} = m_{H_2SO_4}^1 + m_{H_2SO_4}^2 + m_{H_2SO_4}^3 = 11892 + 1538 + 818 = 14248 \text{ kg/s.}$$

$$\text{Monogidrat yoki 92\% li eritma hisobida esa: } \frac{14248}{0,92} = 15490 \text{ kg/s}$$

bo'ladi. Bunda suv miqdori: $m_{H_2O}^9 = 15487 - 14248 = 1542 \text{ kg/s}$
bo'ladi.

Ekstraktorda suyuq;qattiq sistema nisbatlarini harakatlantiruvchi bo'tqa hosil bo'lishi uchun ekstraktorga suv (sulfat kislota konsentratsiyasi

$$56\% \text{ ga yetguncha) qo'shiladi: } m_{H_2SO_4}^4 = \frac{14248}{0,56} = 25443 \text{ kg/s.}$$

bunda suv miqdori: $m_{H_2O}^{10} = 25443 - 14248 = 11195 \text{ kg/s}$ bo'ladi.

Demak, suyultirish uchun beriladigan suv miqdori:

$$m_{H_2O}^{11} = m_{H_2O}^{10} - m_{H_2O}^9 = 11195 - 1242 = 9953 \text{ kg/s.}$$

Sistemaga sulfat kislota bilan 11195 kg/s va fosforit bilan 208 kg/s suv kiradi, shuningdek, (5), (6), (7), (9), (10), (11), (12) va (13) tenglamalar natijasida 2756 kg/s suv hosil bo'ladi. Suvning umumiy miqdori: 14159 kg/s ni tashkil etadi.

(4) tenglama bo'yicha H_3PO_4 hosil bo'lishi uchun: 1950 kg/s suv sarflanadi. Ekstraksion bo'tqada qoladigan suv $14159 - 1950 = 12209$ kg/s qoladi. Bu miqdordan fosfogips bilan: 4932 kg/s suv chiqib ketadi. Eritmada: $12209 - 4932 = 7277$ kg/s suv qoladi.

Eritmaga o'tmagan fosforit miqdori:

$$P_2O_5 = 5208 \cdot 0,02 = 104;$$

$$CaO = 6937 \cdot 0,02 = 138,7;$$

$$CaF_2 = 1250 \cdot 0,02 = 25;$$

$$Al_2O_3 = 167 \cdot 0,02 = 3,3;$$

$$Fe_2O_3 = 208 \cdot 0,02 = 4,1;$$

$$SiO_{2(er.)} = 416 - (252 + 70) = 94.$$

Jami: 366 kg/s ni tashkil etadi.

Fosforit bilan 3812 kg/s erimaydigan qoldiq ekstraktorga tushadi.

Demak, bo'tqadagi erimaydigan qoldiq miqdori: $366 + 4000 = 4366$ kg/s bo'ladi.

9.4-jadval

Fosforitni sulfat kislotali parchalash jarayonining moddiy balansi

(Fosfogipsni yuvuvchi suv va sirkulatsiyalanuvchi bo'tqa e'tiborga olinmagan)

Jarayonga kiradi	kg/s	Jarayondan chiqadi	kg/s
Fosforit:		Ekstraksion bo'tqa:	
P_2O_5	5208	Fosfogips	23564
CaO	6937	Erimaydigan qoldiq	4000
CaF ₂	1250	Qoldiq fosforit	366
MgO	334	Aluminiy va temir fosfatlari	692
Al ₂ O ₃	167	Natriy va kaliy kremneftroidlari	832
Fe ₂ O ₃	208	Magniy sulfat	1002
K ₂ O	125	H ₂ SiF ₆	15
Na ₂ O	167	H ₃ PO ₄	6563
SiO _{2(er.)}	416	H ₂ O	7277
CO ₂	1813	Jami:	44311
Erimaydigan qoldiq	4020		
H ₂ O	208	Gaz fazasi:	
Jami:	20833	SiF ₄	122
Sulfat kislota	14248	HF	30
Kislota bilan kiradigan suv	11195	CO ₂	1813
Jami:	25443	Jami:	1965
Umumiy miqdori:	46276	Umumiy miqdori:	46276

Mahsulot – fosfat kislota hisobi

Eritmaga o'tadigan fosfat kislotalari: $5208 \cdot 0,98 = 5104 \text{ kg/s}$.

Eritmaga o'tmagan fosfat kislota: $5208 - 5104 = 104 \text{ kg/s}$.

Yuvimay gips bilan chiqib ketadigan fosfat kislota:

$$5104 \cdot 0,02 = 102 \text{ kg/s}; \text{P}_2\text{O}_5 = 143 \text{ kg/s}$$

(6) va (7) tenglama bo'yicha bog'langan fosfat kislotalari:

$$m^2 + m^3 = 250 + 255 = 505 \text{ kg/s yoki } 360 \text{ kg/s } \text{P}_2\text{O}_5$$

Fosfat kislota sarfi: $m^2 + m^3 + m^4 = 141 + 505 = 646 \text{ kg/s yoki}$

$$5208 - (104 + 102 + 360) = 4642 \text{ kg/s } \text{P}_2\text{O}_5$$

Mahsulot sifatidagi fosfat kislotalarida:

$$m_{\text{H}_3\text{PO}_4}^M = 4642 \cdot 1,4 = 6499 \text{ kg/s}$$

21% li P_2O_5 hisobidagi kislota miqdori:

$$M_{\text{H}_3\text{PO}_4}^{21\%} = \frac{4642 \cdot 100}{21} = 22105 \text{ kg/s}$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = 22105 - 6499 = 15606 \text{ kg/s}$$

9.5-jadval

P₂O₅ moddiy balansi

Jarayonga kiradi	kg/s	Jarayondan chiqadi	kg/s	%
Fosforit bilan	5208	Fosfat kislota mahsulotiga o'tadi	4642	89,13
Jami	5208	Fosfogips tarkibida yuvilmay qoladi	102	1,96
		Erimaydigan qoldiqda	104	2,0
		Metall fosfatlariga birikkan holatda	360	6,91
		Jami	5208	100,0

Ekstraktorning moddiy hisobi

Sistemadagi suyuq-qattiq nisbatni 3:1 ga yetkazish uchun ekstraktorga suyultiruvchi eritma beriladi. U fosfogipsni yuvgan suv va bir qism fosfat kislotalardan iborat bo'ladi. Suyultiruvchi eritmaning miqdori quyidagicha hisoblanadi.

Ekstraktordagi sistemada S:Q = 3:1, undagi qattiq fazada fosfogips, parchalanmagan fosforit, erimaydigan qoldiq va metall fosfatlarining deyarli yarmi bo'ladi. Qattiq faza miqdori:

$$23564 + 4000 + 366 + 692:2 = 28276 \approx 28280 \text{ kg/s bo'ladi.}$$

Filtrlashga beriladigan ekstraksion bo'tqa miqdori:

$$m_{e.b.} = 28280 \cdot 4 = 113120 \text{ kg/s}$$

Filtrlashga beriladigan bo'tqadagi suyuq fazaning miqdori esa:

$$m_{s.f.} = 113120 - 28280 = 84840 \text{ kg/s bo'ladi.}$$

Filtrlash jarayonida yuvilmagan fosfogips tarkibida qattiq fazaga teng miqdordagi suyuq faza qoladi (50%), uning miqdori:

$$m_{s.f.}^{f.g.} = \frac{28280 \cdot 50}{50} = 28280 \text{ kg/s bo'ladi.}$$

Filtrlashda bug'langan suv miqdori 130 kg/s (issiqlik balansi hisobida aniqlanadi) deb olinsa, filtrat miqdori:

$$m_f = 113120 - (28280 + 28280 + 130) = 56430 \text{ kg/s}$$

Undagi P_2O_5 miqdori (21% li kislota hisobidan):

$$m_{P_2O_5}^{21\%} = \frac{56430 \cdot 21}{100} = 11850 \text{ kg/s}$$

Fosfogipsda qolgan suyuq fazadagi P_2O_5 miqdori:

$$m_{P_2O_5}^{f.g.} = \frac{28280 + 11850}{(56430 + 130)} = 5939 \text{ kg/s}$$

Filtrlashga berilayotgan suyuq fazadagi P_2O_5 miqdori:

$$m_{P_2O_5}^{s.f.} = 11850 + 5939 = 17789 \text{ kg/s}$$

Yuvuvchi eritma bilan ekstraktorga boradigan P_2O_5 miqdori:

$$m_{P_2O_5}^{yu.e.} = 5939 - 102 = 5837 \text{ kg/s,}$$

bunda, 102 kg/s – fosfogipsdagi yuvilmay qolgan P_2O_5 miqdori.

Aylanma eritma bilan ekstraktorga tushadigan P_2O_5 miqdori:

$$m_{P_2O_5}^{a.e.} = 17789 - 5837 - 5280 + 464 = 7136 \text{ kg/s,}$$

bunda, 464 – parchalanmagan fosforitdagi va metallarga bog'langan P_2O_5 ; 5280 – fosforit bilan kiradigan P_2O_5 miqdori.

21% P_2O_5 li kislota hisobidan aylanuvchi fosfat kislota miqdori:

$$m_{H_3PO_4}^{a.e.} = \frac{7136 \cdot 100}{21} = 34000 \text{ kg/s.}$$

Ekstraksiyaga kiradigan yuvuvchi eritma miqdori:

$$m_{yu.e.} = (m_{e.b.} + m_{g.f.} + m_{b.suv.}) - (m_{f-1} + m_{H_2SO_4} + m_{H_3PO_4}^{a.e.}) = \\ = (113120 + 1965 + 5500) - (20833 + 25443 - 34000) = 120585 - 80276 = 40309 \text{ kg/s,}$$

bunda $m_{e.b.}$ – ekstraksion bo'tqa miqdori; $m_{s.j.}$ – gaz fazasi miqdori; m_{f-t} – fosforit miqdori; $m_{H_2SO_4}$ – 56% li sulfat kislota miqdori; $m_{H_3PO_4}^{a.e.}$ – aylanuvchi fosfat kislota miqdori.

Yuvuvchi eritma konsentratsiyasi:

$$m_{\%P_2O_5}^{yuv} = \frac{5837 \cdot 100}{40309} = 14,5\% \text{ P}_2\text{O}_5$$

Sirkulatsiya takroriyligi 1:8 bo'lganda sirkulatsiyalanuvchi ekstraksion bo'tqa miqdori:

$$m_{s.b.} = 113120 \cdot 8 = 904960 \text{ kg/s bo'ladi.}$$

9.6-jadval

Ekstraktorning moddiy balansi

Kirim	kg/s	Chiqim	kg/s
Fosforit	20833	Vakuun bug'latgichga boradigan bo'tqa	1023980
Sulfat kislota (56% li)	25443	Gaz fazasi	1965
Yuvuvchi eritma	40309	Jami	1025945
Aylanuvchi fosfat kislota	34000		
Sirkulatsiyadagi ekstraksion bo'tqa	904960		
Jami	1025945		

Vakuun bug'latgich va filtrlash jarayonlarining moddiy hisoblari

Vakuun bug'latgichning moddiy hisobi

Vakuun bug'latgichning issiqlik hisobida (so'nggi sahifada) ekstraksion bo'tqani 75,6°C dan 70°C gacha pasaytirish uchun 5530 kg suvni bug'latish kerak bo'ladi. Vakuun bug'latgichga 1023980 kg/s bo'tqa boradi. Vakuun bug'latgichdan chiqadigan bo'tqa miqdori:

$$m_b = 1023980 - 5530 = 1018450 \text{ kg/s}$$

Bir qism bo'tqa filtrga va qolgan qismi ekstraktorga qaytadi.

Sirkulyatsiyalanuvchi bo'tqa miqdori (ekstraktor moddiy hisobida) 904960 kg/s edi.

Filtrga yuboriladigan bo'tqa miqdori:

$$m_b^f = 1018450 - 904960 = 113490 \text{ kg/s}$$

Vakuum bug'latgich moddiy balansi

Kirim	kg/s	Chiqim	kg/s
Ekstraktorga beriladigan bo'tqa	1023980	Filtrlashga beriladigan bo'tqa	113490
Jami	1023980	Sirkulatsiya bo'tqasi	904960
		Bug'langan suv	5530
		Jami	1023980

Filtrlash jarayonining moddiy hisobi

Berilgan:

Filtrlashga tushadigan ekstraksiya bo'tqa, kg/s 113490

Filtrlash jarayoni Karusel vakuum filtrining to'rtta bo'limida (zonasida) bajariladi va uch takroriy, qarama-qarshi oqim sxemasida fosfogips yuviladi.

Filtrdan chiqayotgan fosfogips namligi, % 40

Fosfogipsdan P_2O_5 ning yuvilish koeffitsienti 0,98

Mahsulot (21% li) fosfat kislotasi miqdori, kg/s 22105

Sirkulatsiyaga qaytuvchi 21% li fosfat kislotasi miqdori, kg/s 34000

Siklga qaytadigan (14,5% P_2O_5 bo'lgan) yuvuvchi suv miqdori, kg/s 40309

Filtrlashda bug'lanadigan suv miqdori (1-zonada 130 kg/s, 2–3–4-zonalarda amalda o'rtta hisobda 100 kg/s suv bug'lanadi. Issiqlik hisobida hisoblanadi), kg/s 430

Nam fosfogips miqdori, kg/s:

qattiq fazasi 28765

$28765 \cdot 40$

undagi suyuq faza: 60 19176

jami fosfogips 47798

Fosfogipsdagi P_2O_5 miqdori, kg/s:

qattiq fazada 364

suyuq fazada 102

jami 496

* Hisoblashda barcha metall fosfatlari fosfogipsda erimagan holatda deb olingan.

Amalda esa uning bir qismi mahsulot – fosfat kislotasida erigan holatda bo'ladi.

Suyuq fazadagi suv miqdori:

$$m_{H_2O}^{f.s.} = 19176 - 143 = 19033 \text{ kg/s bo'ladi.}$$

Fosfogips tarkibi

Komponentlar	kg/s	%
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	23564	49,30
Metall fosfatlari	692	1,45
Erimaydigan qoldiq	4000	8,41
H_3PO_4	143	0,30
Suv	19023	39,80
Qoldiq fosforit	366	0,74
Jami	47798	100,0

Fosfogipsdagi P_2O_5 ning % miqdori:

$$m_{\text{P}_2\text{O}_5}^{f.g.} = \frac{496 \cdot 100}{47798} = 1,038\%$$

1000 kg 21% li fosfat kislotasiga nisbatan nam holatdagi fosfogips miqdori:

$$m^{f.g.} = \frac{47798 \cdot 1000}{22105} = 2117 \text{ kg}$$

Fosfogipsni yuvish uchun beriladigan suv miqdori quyidagi moddiy hisob bo'yicha hisoblanadi (kg/s):

Fosforit	20833
Sulfat kislota (56% li)	25443
Jami:	46276
Sistemadan chiqib ketadi (kg/s):	
nam fosfogips	47798
mahsulot fosfat kislotasi	22105
gaz faza	1965
vakuum bug'latgichda	5530
bug'lanadigan suv	
filtrlashda bug'lanadigan suv	430
Jami:	77828

Fosfogipsni yuvishga beriladigan suv miqdori:

$$m_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{yu}} = 77828 - 46276 = 31552 \text{ kg/s}$$

Ekstraktorning issiqlik hisobi

1. Ekstraktorga kiruvchi sulfat kislota (56% li) miqdori, kg/s	25443
2. Sulfat kislota harorati, °C	60
3. Fosforit miqdori, kg/s	20833
4. Fosforit harorati, °C	20
5. Aylanuvchi fosfat kislotalari miqdori, kg/s	34000
6. Aylanuvchi fosfat kislotalari harorati, °C	65
7. Yuvuvchi eritma miqdori, kg/s	39309
8. Yuvuvchi eritma harorati, °C	60
9. Sirkulatsiyadagi ekstraksiya bo'tqa miqdori, kg/s	904960
10. Bo'tqa harorati, °C	70
11. Gaz fazasi miqdori, kg/s	1965
12. Gaz fazasi harorati, °C	70

Kiradigan issiqlik:

1) Sulfat kislotalari bilan:

$$Q_1 = 25443 \cdot 132,2 = 3364000 \text{ kJ/s}$$

bundagi 132,2 – sulfat kislota entalpiyasi, kJ/kg.

2) Fosforit bilan:

$$Q_2 = 20833 \cdot 1,045 \cdot 20 = 435000 \text{ kJ/s}$$

bundagi 1,045 – fosforitning issiqlik sig'imi, kJ/kg·grad

3) Aylanma fosfat kislotalari bilan:

$$Q_3 = 34000 \cdot 2,750 \cdot 65 = 6078000 \text{ kJ/s}$$

bundagi 2,750 – fosfat kislotalarning issiqlik sig'imi, kJ/kg·grad

4) Yuvuvchi eritma bilan:

$$Q_4 = 40309 \cdot 3,440 \cdot 60 = 8320000 \text{ kJ/s}$$

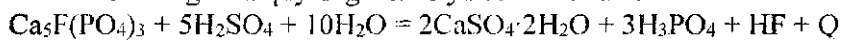
bundagi 3,440 – yuvuvchi eritmaning issiqlik sig'imi, kJ/kg·grad

5) Sirkulatsiyalanuvchi ekstraksiya bo'tqa bilan:

$$Q_5 = 904960 \cdot 2,481 \cdot 70 = 156464000 \text{ kJ/s}$$

bundagi 2,481 – bo'tqaning issiqlik sig'imi, kJ/kg·grad

6) Fosforit (ftorapatit) parchalanganda kalsiy sulfat digidratini kristallanganda quyidagi reaksiya sodir bo'ladi:



Komponentlar va mahsulot hosil bo'lish issiqligi (kJ/mol):

$\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3 = 6825$; $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 1999,6$; $\text{H}_2\text{SO}_4 = 794,1$; $\text{H}_3\text{PO}_4 = 1258,6$;

$\text{H}_2\text{O} = 286,2$; $\text{HF} = 267,8$.

Bundan: $6825 + 5 \cdot 794,1 + 10 \cdot 286,2 = 5 \cdot 1999,6 + 3 \cdot 1258,6 + 267,8 + Q$;

$Q = 384,1$ kJ/mol kelib chiqadi.

Fosforitning 1 kg miqdori parchalanganda:

$$\frac{384,1 \cdot 1000}{504} = 762,1 \text{ kJ/kg}$$

yoki $Q_6 = 20833 \cdot 762,1 = 15877000$ kJ/s (reaksiya issiqligi) ajraladi.

7) Fosfat kislotasini 100% dan 21% gacha suyultirish issiqligi (kJ/mol):

21% li H_3PO_4 hosil bo'lish issiqligi	1281,1
100% li H_3PO_4 hosil bo'lish issiqligi	1258,6
Suyultirish issiqligi	$1282,1 - 1258,6$ q
	22,5

Suyultirishda ajraladigan issiqlik:

$$Q_7 = \frac{7068 \cdot 1000 \cdot 22,5}{98} = 1624000 \text{ kJ/s}$$

bunda: 7068 – hosil bo'lgan H_3PO_4 miqdori, 98 – molekular massasi.

Sistemaga kiradigan umumiy issiqlik miqdori:

$$Q_k = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 = 3364000 + 435000 + 6078000 + 8320000 + 156464000 + 15877000 + 1624000 = 192162000 \text{ kJ/s}$$

Issiqlik sarfi:

1) Gaz fazasi bilan chiqib ketadigan issiqlik:

$$\text{SiF}_4 \text{ bilan: } 122 \cdot 70 \cdot 1,072 = 8155 \text{ kJ/s}$$

$$\text{HF bilan: } 30 \cdot 70 \cdot 0,915 = 1920 \text{ kJ/s}$$

$$\text{CO}_2 \text{ bilan: } 1813 \cdot 70 \cdot 0,856 = 108525 \text{ kJ/s}$$

$$Q_1^s = 8155 + 1920 + 108525 = 118600 \text{ kJ/s}$$

2) Atrof-muhitga issiqlik sarfi (taxminan):

$$Q_2^s = 150000 \text{ kJ/s}$$

3) Ekstraksion bo'tqa bilan ekstraktordan vakuum-bug'latgichga chiqib ketadigan issiqlik:

$$Q_3^b = Q_k - Q_1^s - Q_2^s = 192162000 - 118600 - 150000 = 191893400 \text{ kJ/s}$$

Ekstraktordagi bo'tqa harorati:

$$t = \frac{Q_1^b}{m \cdot c} = \frac{191893400}{1022980 \cdot 2,481} = 75,6^\circ C$$

9.9-jadval

Ekstraktorning issiqlik balansi

Kirish	kJ/s	Sarf	kJ/s
Sulfat kislota bilan	3364000	Ekstraksiya bo'tqa bilan	191893000
Fosforit bilan	435000	Gaz fazasi bilan	118600
Aylanma kislota bilan	6078000	Atrof-muhitga yo'qolishi	150000
Yuvuvchi eritma bilan	8320000	Jami	192162000
Sirkulatsiyalanuvchi bo'tqa bilan	156464000		
Reaksiya issiqligi	15877000		
Suyulish issiqligi	1624000		
Jami	192162000		

Vakuum bug'latgich issiqlik hisobi

Hisoblashdan maqsad bo'tqa haroratini pasaytirish uchun qancha suvni bug'latish kerakligini aniqlashdir.

Berilgan:

Vakuum bug'latgichga boradigan bo'tqa, kg/s	1023980
Bo'tqa harorati, °C	75,6
Bug'latgichdan qaytuvchi bo'tqa harorati, °C	70
Vakuum bug'latgichdagi bosim, n/m ²	$0,240 \cdot 10^5$

Kiruvchi issiqlik:

Bo'tqa bilan: $Q_1^b = 191893400$ kJ/s

Issiqlik sarfi:

1) Vakuum-bug'latgichdan chiqayotgan issiqlik:

$$Q_2^b = (1023980 - 5500) \cdot 2,481 = 177215500 \text{ kJ/s}$$

2) Atrof-muhitga yo'qotiladigan issiqlik:

$$Q_y = 200000 \text{ kJ/s}$$

3) Bug'langan suv bilan chiqib ketadigan issiqlik:

$$Q_{H_2O}^{bug'} = Q_1^b - (Q_2^b + Q_y) = 191883400 - (177215500 + 200000) = 14477900 \text{ kJ/s}$$

4) Bug'langan suv miqdori:

$$m_{H_2O}^{bug} = \frac{14477900}{2617,6} = 5530 \text{ kj/s}$$

9.10-jadval

Vakuum buglatgich issiqlik balansi

Kirim	kj/s	Sarf	kj/s
Bo'tqa bilan	191893400	Chiqayotgan bo'tqada	177215500
Jami	191893400	Suv bug'i bilan	14477900
		Atrof-muhitga yo'qotish	200000
		Jami	191893400

5-§. Markaziy Qizilqum fosforitlaridan ftorsizlangan ekstraksion fosfat kislota olish

Tabiiy fosfatlarni ekstraksion fosfat kislota qayta ishlash jarayonida, fosfat tarkibidagi ftor gaz, suyuq (EFK) va qattiq (fosfogips) fazalar orasida taqsimlanadi. Digidratli sxema bo'yicha fosfat kislota olishda xomashyodagi (apatit yoki fosforitdagi) 80-85% ftor kislota hamda uni keyingi o'g'itlarga qayta ishlashda esa mahsulot tarkibiga o'tadi.

Qishloq xo'jaligidagi o'g'itlarga bo'lgan talabni to'la qondirishda fosforli, ayniqsa kompleks o'g'itlar ishlab chiqarishning o'sishi tuproq, o'simliklar va suv havzalarining ftor bilan to'yinish xavfi yuzaga keladi. Atmosfera va ochiq suv havzalariga tushadigan hamda tirik organizmlar va o'simlik dunyosida to'planadigan ftor birikmalarining salbiy ta'siri ilmiy izlanishlar natijasida yetarlicha to'la o'rganilgan va ilmiy manbalarda keltirib o'tilgan.

Ftor birikmalari tevarak atrof-muhitga katta zararli ta'sir ko'rsatadi. Tadqiqotlar ko'rsatadiki, ftor nafaqat o'simliklarga salbiy ta'sir ko'rsatib qolmasdan, balki insonlar va boshqa tirik organizmlarda turli xil jiddiy kasalliklar keltirib chiqaradi. Ko'pgina o'simliklar katta miqdordagi ftorni o'zlashtirib olish xususiyatiga ega. Masalan, 1 kg miqdoridagi choyda 57 dan 1370 mg gacha, paxtada 4500 mg gacha ftor o'zlashtiriladi. Bunda ftor paxta chigitida to'planadi va uning ko'p qismi paxta moyi tarkibiga o'tadi. Tadqiqotlar ko'rsatadiki, tuproqqa, jumladan mineral o'g'itlar bilan ftor tushganda hosildagi ftor miqdori ham ortib boradi.

Ilmiy adabiyotlarda tuproqqa tushadigan ftorning asosiy manbai fosforli o'g'itlar hisoblanishi ko'rsatib o'tilgan. Masalan, apatit yoki fosforitlar tarkibida, mos holda, o'rtacha 3,0 va 2,7% ftor bo'ladi.

Markaziy Qizilqum fosforitlari asosida ishlab chiqariladigan ekstraksion fosfat kislotasi (EFK) tarkibida 1,2% atrofida fluor bo'ladi. Kislotadan ishqoriy metallar yordamida kremneftoridlar tarzida cho'ktirish usuli katta samara bermaydi, chunki EFK tarkibida kislotada eriydigan kremniy birikmalari amalda juda ham kam miqdorda bo'ladi.

Markaziy Qizilqum fosforitlari asosidagi EFKni natriy sulfat yoki digidrofosfat yohud metasilikat bilan ftorsizlantirish jarayoni ayrim tadqiqotchilar tomonidan atroflicha o'rganilgan va ftorsizlanish darajasini 38-40% dan 80-85% gacha oshirish mumkinligi ko'rsatib o'tilgan hamda EFKni ftorsizlantirish texnologiyasi yaratilgan.

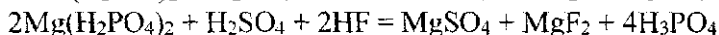
Ilmiy manbalarda ftorsizlangan EFKni Markaziy Qizilqumning boyitilmagan xomashyosi, kalsiy karbonati va oksidi, yuvib boyitilgan fosforitlari bilan sulfatsizlantirish bo'yicha materiallar ham mavjuddir. Toshkent kimyo-texnologiya instituti olimlari tomonidan EFKni fluor birikmalari va sulfatlardan tozalash yo'li bilan ozuqali presipitat olish usuli bo'yicha ixtiroga patent olingan. Ekstraksion fosfat kislotani tozalashning aytib o'tilgan bunday usullari bilan yuqori samaradorlikka erishib bo'lmaydi. Birinchidan, mahsulot sifatida olingan EFKni tozalash qo'shimcha harajatlarda talab etadi, ikkinchidan esa, EFKdan ajraladigan cho'kma juda mayda kristallardan iborat bo'lganligi sababli, uni filtrlash yoki cho'ktirish jarayoni anchagina qiyinchilik bilan amalga oshiriladi.

EFK tarkibidagi qo'shimchalarni kamaytirishning anchagina samarali usuli bu uni olish jarayonining o'zidayoq tozalash jarayonini amalga oshirish hisoblanadi. Bunda fosfat kislotani sulfat kislotali ekstraksiyalash jarayonini yakunlash arafasida mahalliy karbonatli xomashyolar (shu jumladan past navli fosfatli xomashyolar) yordamida ekstraksion bo'tqa tarkibidagi fluor va sulfat qo'shimchalaridan tozalanadi. Fosfat kislotani ekstraksiyalash jarayonining o'zida kislotani bir paytning o'zida fluor va sulfatlardan tozalash natijasida, birinchidan ekologik tozalangan mahsulot olinadi, ikkinchidan mahsulot tarkibidagi ozuqa elementlari ulushi katta bo'ladi, uchinchiidan past navlardagi xomashyolar ishlab chiqarishga ma'lum darajada qamrab olinadi, to'rtinchidan esa qimmatbaho xomashyo hisoblangan fluor birikmalarini texnologik jarayonning o'zida ajratib olinishiga imkoniyat yaratiladi. Shuning uchun EFKni bir paytning o'zida fluor va sulfatlardan tozalash jarayoniga qaratilgan tadqiqotlar dolzarb hisoblanadi.

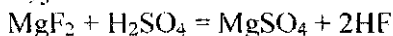
Mazkur tadqiqot ishida ekstraksion bo'tqadan fluor va sulfatlarni cho'ktirish kalsiy oksiddan kalsiy ftorid hosil bo'lish me'yoriga nisbatan 60-150% va SO_3 ni kalsiy sulfat tarzida bog'lash me'yoriga nisbatan 80-

100% hisobida kalsiy karbonat (bo'r, ohaktosh va boshqa) yoki yuqori karbonatli fosfatli xomashyolar bilan amalga oshirilgan. Fosfat kislotani sulfat kislotali ekstraksiyalash jarayoni digidratli rejimda o'tkazilgan, hosil qilingan ekstraksion bo'tqani filtrlashdan oldin undagi fluor va erkin sulfat kislotada kalsiy karbonat yoki yuqori karbonatli fosfat xomashyosi bilan cho'ktirilgan. Fosfat kislotani sulfat kislotali ekstraksiyalash jarayonida ekstraksion bo'tqani ftorsizlantirish va sulfatsizlantirishda mahalliy karbonatli xomashyolardan foydalanish katta samara berishi aniqlangan.

Ekstraksion bo'tqaga kalsiy karbonat qo'shilganda quyidagi reaksiyalar sodir bo'lishi mumkin:



Magniy ftorid kalsiy ftoridga qaraganda kislotalarda nisbatan yaxshi eriydi, kuchli kislotalar, jumladan sulfat kislotada bilan ta'sirlashib:



reaksiyasi bo'yicha magniy sulfat va vodorod ftorid hosil qiladi.

Bu jarayon murakkab hisoblanadi, EFKda yaxshi eriydigan magniy monofosfat va sulfatlari kalsiy karbonat bilan ta'sirlashib, kalsiy sulfati monofosfati hosil qilishi mumkin. Lekin, magniy karbonat ham fosfat kislotada bilan ta'sirlashib magniy monofosfatga aylanadi. Bu EFKdagi magniy miqdorining o'zgarishsiz qolishi va 0,80-0,82% darajasida qolishi bilan tasdiqlanadi (9.11-jadval).

Kalsiy karbonat qo'shilganda va kalsiy ftorid hosil bo'lganda gaz fazasiga ajralib chiqadigan fluor miqdori 5,45 dan 4,11% gacha kamayadi, bu uning asosiy miqdorini jarayonning boshidayoq ajralib chiqishini ko'rsatadi. Parchalash jarayoniga 100-150% me'yorda CaCO_3 kiritilganda gaz fazasiga va fosfogipsga ftorning umumiy o'tish darajasi 86,6-90,9% ni tashkil etadi. Bunda EFKdagi fluor miqdori 0,25-0,32% ni tashkil etadi, bu esa kalsiy karbonat qo'shilmagandagiga nisbatan 4,1-5,3 marta kamdir. CaCO_3 tarzidagi CaO me'yori 100-120% bo'lganda EFK ftorsizlanish darajasi 75,4-80,5%, sulfatsizlanish darajasi esa 78,7-79,6% ni tashkil etadi. Kislotadagi mavjud fluor va sulfatlar miqdori hisobiga nisbatan 120% dan ortiq me'yordagi kalsiy karbonat qo'shilganda ftorsizlanish va sulfatsizlanish juda kam darajada o'zgaradi. EFK tarkibida qoladigan fluor miqdori fosforitdagi umumiy miqdoriga nisbatan 9,1-13,4% ni tashkil etadi. Fosforitdagi mavjud ftorga nisbatan kalsiy karbonat me'yori 60 dan 100% gacha o'zgarganda fosfogipsga ftorning qo'shimcha

o'tishi 27,9-42,0% ni tashkil etishi kuzatiladi. Kalsiy karbonat me'yori 120-150% ga oshirilganda qattiq fazaga ftorning o'tishini atigi 3,2-4,3% ga oshiradi. EFKdan ftorni cho'ktirishdagi ortiqcha kalsiy karbonat mavjud ortiqcha sulfat kislota hisobiga kalsiy sulfat, fosfat kislota bilan ta'sirlashishi hisobiga esa monokalsiyfosfat hosil bo'lishiga sarflanadi.

9.11-jadval

Kalsiy karbonat me'yorining EFK kimyoviy tarkibiga, gaz fazasi va fosfogipsga ftorning o'tish darajasiga ta'siri, shuningdek ftorsiz-langan va sulfatsizlantirilgan EFK ishlab chiqarish texnologik ko'rsatkichlari

Ko'rsatkichlarning nomlanishi	Stexiometriyaga nisbatan erkin ftorni bog'lash uchun kalsiy karbonat me'yori, %						
	-	60	80	100	120	140	150
Stexiometriyaga nisbatan erkin H_2SO_4 ni bog'lash uchun kalsiy karbonat me'yori, %	-	80	100	100	100	100	100
EFK kimyoviy tarkibi, og'irlik %							
P_2O_5	20,15	20,08	19,97	19,85	20,24	19,94	20,02
CaO	0,41	0,39	0,58	0,94	1,46	2,14	2,61
MgO	0,82	0,81	0,81	0,80	0,82	0,81	0,81
SO_3	2,22	0,86	0,51	0,48	0,52	0,47	0,44
R_2O_3	0,61	0,61	0,60	0,60	0,59	0,60	0,59
F	1,32	0,69	0,51	0,32	0,27	0,25	0,25
muallaq zarracha	0,25	0,32	0,28	0,19	0,24	0,17	0,16
Ftorning o'tish darajasi, %							
Fosfogipsga	40,5	68,4	74,1	82,5	85,7	86,6	86,8
Gaz fazasiga	5,4	5,3	5,1	4,1	4,2	4,0	4,1
Hammasi	45,9	73,7	79,2	86,6	89,9	90,6	90,9
Ftorsizlangan va sulfatsizlantirilgan EFK ishlab chiqarish texnologik ko'rsatkichlari							
K_p , %	98,7	98,7	98,7	98,6	98,5	98,5	98,4
K_{at} , %	95,8	95,7	95,5	95,5	95,6	95,5	95,5
K_{yuvi} , %	99,2	99,3	99,3	99,4	99,4	99,4	99,3
K_{unum} , %	95,0	95,0	94,8	94,9	95,0	94,9	94,8
Bo'tqa zichligi (ρ), g/cm^3 , 25°C da	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,27	1,27
Bo'tqa qovushqoqligi (η), spz, 25°C da	3,31	3,48	3,58	3,61	3,66	3,70	3,72
Ekstraksiya bo'tqa filtrlanish tezligi, $kg/m^2 \cdot s$	810,11	809,07	808,20	807,41	806,85	806,60	806,46
Fosfogips kristallari o'lchami, mkm	100x24, 120x20, 220x20, ko'pgina 560x80, 400x80, 360x28 va qisman 100x16, 80x60, 60x20						

9.11-jadvaldagi ma'lumotlardan ko'rinadiki, SO_3 miqdori 2,22% dan 0,44-0,52% gacha kamayadi, kalsiy oksid miqdori esa 0,41 dan 2,61% gacha ortadi. Bunda parchalanish, ajralish, yuvilish va unum koeffitsientlari, ftorni bog'lashga 60 dan 150% gacha, ortiqcha sulfat kislotani neytrallashtirishga 80 dan 100% gacha me'yordagi kalsiy karbonat uchun muvofiq holda 98,4-98,7%, 95,5-95,8%, 99,2-99,4% va 94,8-95,0% ni tashkil etadi.

Fosfogipsning filtrlanish tezligi nisbatan yuqori bo'ladi va quruq qoldiq hisobida 806,46-809,07 $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$ ni tashkil etadi.

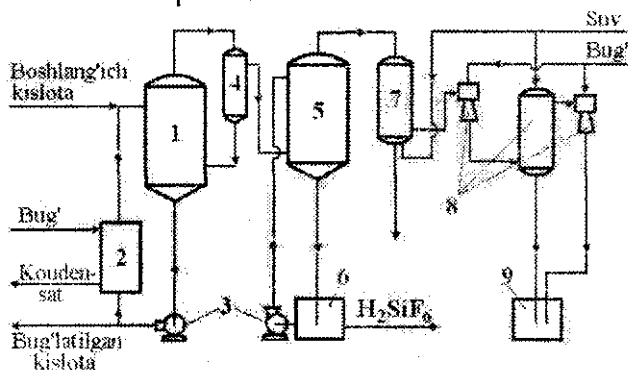
Ftor va sulfatlardan tozalangan EFK olish texnologiyasi sanoat ishlab chiqarishga moslashtirilgan qurilmada sinovdan o'tkazilgan va bu kislotadan yuqori navdagi ammosfos hamda tarkibida kalsiy va magniyfosfatlari bo'lgan yuqori navli ekologik samarador konsentrlangan fosforli o'g'itlarning tajriba namunalari ishlab chiqarilgan.

6-8. Fosfat kislotani konsentrlash

Qo'shaloq superfosfat, ammosfos, nitroammosfoska ishlab chiqarish uchun 45-55% P_2O_5 bo'lgan fosfat kislotasi, ammoniy polifosfatlari va suyuq o'g'itlar olish uchun esa – 72-83% P_2O_5 li fosfat kislotalari talab etiladi. Bunday hollarda ekstraktsion fosfat kislotasi bug'latiladi. Ma'lumki, har qanday (98% li H_3PO_4 gacha) konsentratsiyadagi toza fosfat kislotaning bug'i faqat suvdan iborat, nazariy olganda uni bug'latish orqali yuqori konsentratsiyali eritmalarini olish mumkin. Amalda esa jihozlar materiallarining korroziyalanishi hisobiga bug'latish qiyinchilik tug'diradi. Harorat va kislotasi konsentratsiyasining ortishi bilan korroziyalanish tezlashadi. Bundan tashqari, konsentratsiya ortishi bilan kislotasi tarkibidagi qo'shimchalar, eruvchanlikning keskin kamayishi hisobiga cho'kmaga tushadi (quyqa hosil qiladi). Cho'kmali qoldiq (quyqa) lar qizdiriluvchi yuzaning ichki sirtiga o'tirib qolib, issiqlik almashinuvini yomonlashtiradi.

Loyiha quvvati yiliga 110 ming tonna P_2O_5 bo'lgan ekstraktsiyali sistemalarda kislotani 28-30 dan 52-55% P_2O_5 gacha konsentrlash uchun odatda bir korpusli bug' bilan isitiladigan (130°C) qizdiruvchi kamerali 3-4 ta vakuum-bug'latgichli apparatlar o'rnatilgan (9.15-rasm). Vakuum-nasos yordamida apparat ichida $\sim 0,09$ MPa li vakuum hosil qilinadi. Bu esa bug'latishni nisbatan past ($80-90^\circ\text{C}$) haroratda amalga oshirish imkoniyatini beradi. Apparat korpusi gummirlangan, qizdiruvchi kamera grafitli (kislotasi va bug' harakatlanadigan yo'llari bo'lgan grafitli bloklardan iborat, issiqlik almashinuv yuzasi maydoni ~ 158 m^2 ga teng)

bo'ladi. Qizdiriluvchining cho'kmali quyqa hosil qilib qolishini oldini olish maqsadida, uzluksiz ravishda kuchsiz kislota qo'shish orqali konsentrlangan kislotaaning majburiy intensiv sirkulatsiyasi (sirkulatsiyaning qaytarilishi 100-150 marta) amalga oshiriladi. Shu tufayli sirkulatsiyali eritma konsentratsiyasi aralashishdan so'ng kam o'zgaradi. Bunday kislota'dagi qo'shimchalarning eruvchanligi boshlang'ich kislota'dagiga qaraganda anchagina kam bo'ladi. Shuning uchun aralashtirilgan vaqtda kuchsiz kislota'dagi qo'shimchalar kristallanadi. Ularni tindirgichdayoq ajratib olish va so'ngra bug'latuvchi apparatga yo'llash maqsadga muvofiqdir. Bug'latilgan kislota'ni sirkulatsiyali konturdan muntazam chiqarib turiladi.



9.15-rasm. Fosfat kislota'ni konsentrlash uchun vakuum-bug'latgichli qurilma sxemasi:

1 – bug'latuvchi apparat (bug'latgich) korpusi; 2 – qizdiruvchi kamera; 3 – sirkulatsiya nasosi; 4 – tomchi ushlagich; 5 – ftorli gazlar absorberi (yuvish minorasi); 6 – H_2SiF_6 eritmasining barometrik yig'ichi; 7 – yuza kondensatori; 8 – ikki bosqichli ejektorli (so'rg'ich) qurilma; 9 – barometrik bak.

Qizdiruvchi kameraning ichki yuzasiga kalsiy sulfat va ftorsilikatlardan iborat qo'shimchalar o'tirib qoladi. Bu har uch kunda toza suv bilan yuvib turishni talab etadi. Nisbatan ko'proq vaqt ishlatilganda quyqa bu yuzani yanada to'laroq egallab oladi, uni mexanik usullar bilan tozalanadi va so'ngra H_2SiF_6 ning 4-5% li eritmasi bilan yuviladi.

Ekstraksion fosfat kislota'ning konsentratsiyasi ortishi bilan unda erigan geksaftorsilikat kislota'ning bug' bosimi ham ortadi. Shu tufayli fosfat kislota'ni 52-57% P_2O_5 gacha bug'latishda boshlang'ich kislota'dagi ftorning 80-90% ($2\text{HF} + \text{SiF}_4$ ning taxminan ekvivalent aralashmasi tarzida) gazli fazaga ajralib chiqadi; mahsulot kislota'sidagi ftorning miqdori 0,5-

0,8% gacha kamayadi. Shuningdek, bug'latgichdan chiqadigan gazlar tarkibida ko'p miqdordagi suv bug'i bo'ladi, uni fluoridlar absorbsiyasida kondensatsiyalanishini kamaytirish uchun, absorbsiyalash jarayoni qaynoq ($60-70^{\circ}\text{C}$) H_2SiF_6 eritmaları bilan amalga oshiriladi; ftordan tozalangan suv bug'i barometrik kondensator o'rnatilgan ikki bosqichli bug' ejectionli (bug' so'ruvchi) qurilmalar yordamida so'rib olinadi.

Apatitdan olingan bug'latilgan kislota $1650-1750 \text{ kg/m}^3$ zichlikka ega, uning tarkibida: 52-54% P_2O_5 ; 3,4-4,2% SO_3 ; 1,2-1,3% $(\text{Fe}, \text{Al})_2\text{O}_3$; 0,1-0,4% SiO_2 ; 0,5-0,8% F bo'ladi.

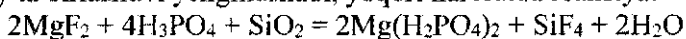
Ekstraksiya fosfat kislotani bug'latish uchun barbotajli konsentratorlar – kislotabardosh materialli kameralar ham ishlatiladi, ularda bug'latish kislotaning yuza qatlami orqali yoqilgan qaynoq gaz berish orqali amalga oshiriladi. Bu yerda issiqlik uzatuvchi yuza bo'lmaydi, issiqlik almashinish qaynoq gaz bilan kislotaning to'g'ridan-to'g'ri to'qnashishidan amalga oshadi; bunda hosil bo'ladigan cho'kma muallaq holatda qoladi va apparatdan kislota bilan birgalikda chiqadi, so'ngra uni tindirish orqali tozalanadi. Kameraga o'txona gazlari $650-900^{\circ}\text{C}$ haroratda beriladi. Ayniqsa, tabiiy gaz yondiriladigan grafitli botirma yondirgichli konsentratorlar intensiv ishlaydi. Barbotajli konsentrator va botirma yondirgichli apparatlarda gaz o'zi bilan birga anchagina miqdordagi fosfat kislota bug'ini olib chiqadi, uni esa elektrofiltrlarda tutib qolish lozim bo'ladi. Tarkibida $8,5-9 \text{ g/m}^3$ fluor (elektrofiltrga kirishdan oldin havo bilan aralashishi hisobiga – 3 g/m^3) bo'lgan chiqindi gazlarini tozalashdan ko'p miqdordagi P_2O_5 bo'lgan H_2SiF_6 eritmasi olinadi; ularni ishlatish qiyinchilik tug'diradi. Tuman hosil bo'lishi – P_2O_5 yo'qotilishini oshiradi, bundan tashqari, tevarak atrof-muhit ifloslanishiga sabab bo'ladi.

Bunday jihozlar ko'proq superfosfat kislotalar olish uchun qo'llaniladi. Bu holda bug'latishga tarkibida 54-55% P_2O_5 bo'lgan eritmalar (vakuum-bug'latgichdan so'ng) beriladi. Bunday maqsadlar uchun qizdiruvchi kameraga yuqori bosimdagi bug' ($\sim 3 \text{ MPa}$) uzatiladigan vakuum-bug'latgichli apparatlar ham ishlatilishi mumkin.

Hozirgi paytda barbotajli konsentratorlar o'rinda yanada takomillashgan, yuqori darajada issiqlikdan foydalanuvchi, aeroliftli apparatlar qo'llanilmoqda. Ular ichki qismi grafitli quvur bilan muhofazalangan vertikal po'lat quvurdan iborat. Uning bug'latiladigan kislota kiritiladigan pastki qismidan qaynoq gaz oqimi yuboriladi, hosil bo'ladigan gaz-suyuqlikli aralashma yuqori qismidan chiqariladi. Suyuqlikni ajratilgandan keyin va issiqligidan bug'latiladigan kislotani

isitishda foydalanilgandan so'ng, chiqindi gazi, absorbsiya qurilmalarida kislotatamani, SiF_4 va HF dan tozalanadi. Suyuq kompleks o'g'itlar ishlab chiqarish uchun mo'ljallangan, tarkibida 68-70% P_2O_5 bo'lgan kislotat olish uchun konsentrlashni ikkita ketma-ket bosqichda: 1-chisida 52-54 dan 64% gacha, 2-chisida esa 68-70% P_2O_5 gacha o'tkaziladi.

Tarkibida magniy birikmalari (dolomit) bo'lgan boyitilmagan (24-25% P_2O_5) Qoratog' fosforitlaridan ekstraksiyalash jarayonida 20-22% P_2O_5 li fosfat kislotat olinadi. Odatdagi usullarda 37-38% P_2O_5 gacha bug'latilishi va 30-40°C dan past haroratgacha sovutilishi natijasida u quyilib boradi va oquvchanligini yo'qotadi. Bu esa undan florsizlantirilgan o'g'itlar, qo'shaloq superfosfat, suyuq kompleks o'g'itlar olish imkoniyatlarini yo'qotadi. O'tgan asrning 80-yillariga qadar buning sababini kislotadagi MgSiF_6 ning parchalanishi natijasida gaz holatdagi SiF_4 va MgF_2 ning kolloid eritmasi hosil bo'lishi orqali izohlashga urinilgan. Go'yoki eritma sovutilganda MgF_2 ning to'yinishi hisobiga sistema qovushqoq, kam harakatchan massa (gel) ga aylanadi. Yana shu ko'rsatib o'tiladiki, ko'p komponentli tuz sistemalari eruvchanliklarini o'rganish orqali, bug'latiladigan kislotaga kam aktiv kremniy dioksid (masalan, kremnegel) qo'shilganda fosfat kislotat bilan MgF_2 ning kimyoviy ta'sirlashuvi yengillashadi, yuqori haroratda reaksiya:



tenglama bilan sodir bo'lib, kislotadagi flor SiF_4 tarzida yo'qotiladi va yaxshi eriydigan monomagniyfosfat hosil bo'ladi, deb nazariy jihatdan asoslashga urinilgan. Lekin bu urinishlar ishlab chiqarishda o'z yechimini topmadi.

O'zbekiston kimyogarlarining qator yillar davomida Qoratog' fosforitidan sulfat kislotali ekstraksiyalash yo'li bilan olingan fosfat kislotasini konsentrlash, uning fizik-kimyoviy xossalarini o'rganish yuzasidan o'tkazgan tadqiqotlari natijasida tarkibida magniy birikmalari tutgan fosfat kislotalarning konsentrlanishida quyilib qolish sabablari ham nazariy, ham amaliy jihatdan asoslandi va bu borada ijobiy natijalarga erishildi.

Namangan muhandislik-pedagogika instituti (hozirgi Namangan muhandislik-qurilish instituti) professori, texnika fanlari doktori Q.G'afurovning olib borgan izlanishlari natijasida tarkibida magniy bo'lgan EFK ning konsentrlash jarayonida quyilib qolish sabablari ham ilmiy, ham amaliy jihatdan asoslab berildi. Nafaqat quyilish sabablari, balki bunday kislotalarni konsentrlashda quyilib qolishini oldini olish yo'llari ham ochilib, amaliy jihatdan sinovdan muvaffaqiyatli o'tkazildi.

20°C haroratdagi suvda va NH_4NO_3 (kimyoviy toza – k.t.) ning 1% li suvli eritmasida MgHPO_4 (k.t.) va MgF_2 (k.t.) larning izotermik eruvchanligini o'rganish – MgHPO_4 (k.t.) va MgF_2 larning suvdagi eruvchanligi muvofiq ravishda 1,392 va 0,117% (MgO bo'yicha 0,464 va 0,0755%), ammoniy nitrat eritmasidagi eruvchanligi esa muvofiq ravishda 9,99% va 0,248% (MgO bo'yicha 3,330 va 0,160%) bo'lishini aniqlash imkoniyatini yaratdi. Shunday ekan, 1,0% li ammiakli selitra eritmasida magniy tuzlarining eruvchanligi MgHPO_4 uchun yetti marta, MgF_2 uchun ikki marta ortadi.

20°C haroratda 0,1, 0,5 va 1,0 molyarli ammiakli selitra eritmalarida MgF_2 ning eruvchanligini o'rganish natijasida MgF_2 ning eruvchanligi konsentratsiyaning ortishi bilan deyarli o'zgarmasligi aniqlandi. Masalan, 0,1 molyarli ammiakli selitra eritmasida MgF_2 ning eruvchanligi 0,2478% (0,1598% MgO , ya'ni 0,040 mol MgF_2) ni, 0,5 molyarli eritmada 0,2694% (0,17388% MgO , ya'ni 0,0435 mol MgF_2) ni va 1,0 molyar eritmada esa 0,2695% (0,1753% MgO , ya'ni 0,0435 mol MgF_2) ni tashkil etadi.

$\text{MgSO}_4\text{--H}_3\text{PO}_4\text{--NH}_4\text{NO}_3\text{--H}_2\text{O}$ sistemasini o'rganish natijasida 0-60% P_2O_5 konsentratsiyali intervalda $\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ning eruvchanligi $\text{MgSO}_4\text{--H}_3\text{PO}_4\text{--H}_2\text{O}$ sistemasidagiga nisbatan 2-1,5% ga ortishi aniqlandi.

Tarkibida magniy bo'lgan fosforitlarni fosfat kislotaga sulfat kislotali ekstraksiyalash jarayonida magniy birikmalarining to'la ekstraksion fosfat kislotaga tarkibiga o'tishi kuzatiladi. Bunday EFK ni bug'latish jarayonida eritmadagi barcha tuzlarning to'yinishi bilan bir qatorda dastlab magniy ionlarining sulfat ionlari bilan birikib MgSO_4 , so'ngra shu bilan bir vaqtda uning gidratlanishi hisobiga $\text{MgSO}_4\cdot \text{H}_2\text{O}$ dan toki $\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ gacha bo'lgan gidratlanish jarayoni sodir bo'ladi. Bu esa EFK ning quyilib qolishi va oquvchanligini yo'qotishiga sabab bo'luvchi omillardan biridir. Bundan tashqari, eritmaning quyilishiga EFK tarkibidagi boshqa kation va anionlardan iborat qo'shimchalar ham o'z ta'sirini ma'lum darajada ko'rsatadi.

Shuning uchun ekstraksion fosfat kislotani bug'latishda kislotani quyilib qolishiga olib keladigan undagi qiyin eruvchan qo'shimchalarni eritish maqsadida va ekstraksion fosfat kislotani konsentrlashda uning qovushqoqligini kamaytiruvchi qo'shimcha sifatida ammoniy nitrat ishlatilgan.

Tarkibida magniy bo'lgan ekstraksion fosfat kislotani bug'latishdan oldin uning tarkibidagi magniyni miqdoriga muvofiq holda:

$$m_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = 0,5 + 0,25 \cdot n_{\text{MgO}},$$

bu yerda, m – EFK ga qo'shiladigan ammoniy nitratning og'irlik miqdori;
 n – EFK dagi MgO ning og'irlik miqdori; 0,5 – doimiy son
formula bo'yicha ammoniy nitrat qo'shiladi va eritmani 50-55% P_2O_5
gacha bug'latiladi.

Eritmadagi $MgSO_4 \cdot (1+7)H_2O$ ammoniy nitrat bilan ta'sirlashadi:



EFK ni bug'latish jarayonida suvning kamayishi hisobiga, Le-Shatele prinsipiga muvofiq, reaksiyon muvozanat o'ng tomonga siljiydi. Natijada yaxshi fizik-kimyoviy va reologik xossaga ega bo'lgan, hattoki uzoq vaqt minusli haroratlarda turib qolganda ham quyilib qolmaydigan oquvchan kislota olinadi. Olingan kislota tarkibidagi ftorning miqdorini 0,3% gacha pasaytirish mumkin, natijada bunday kislotalardan ftorsizlangan yuqori konsentratsiyali o'g'itlar olinish usullari yuzaga chiqdi. Magniyli ekstraksiyon fosfat kislotalarni bug'latish yo'li bilan (30-35% P_2O_5 gacha) konsentrlash orqali esa qo'shaloq superfosfatlar turidagi o'g'itlar olish imkoniyatini yaratdi. Bunday usullarda (50-55% P_2O_5 gacha) konsentrlangan kislota tarkibida turli tuzlarning to'yingan eritma holatida bo'lishi, hattoki 50-55% P_2O_5 li eritmalarida (apatitli kislotalardan farqli ravishda) polifosfat kislotalarning mavjud bo'lishini ta'minlaydi, bu esa ulardan polifosfatli va suyuq suspenziyalik kompleks o'g'itlar olish imkoniyatini ochib berdi.

Tarkibida magniy bo'lgan ekstraksiyon fosfat kislotalarni bug'latishdan oldin kationitli magniysizlantirish usuli ham ishlab chiqilgan. Bu usulda tarkibida $\approx 20\%$ P_2O_5 , 2-3% MgO va boshqa qo'shimchalar bo'lgan ekstraksiyon fosfat kislota ion almashinish yo'li bilan tozalanadi, hosil qilingan kislotalarni talab etilgan (60-70% P_2O_5) konsentratsiyagacha bug'latiladi, ular asosida ammoniy polifosfatlari va boshqa suyuq hamda qattiq shakldagi o'g'itlar olinadi.

Ekstraksiyon fosfat kislotalarni odatdagi kationitli tozalashda kislota eritmasi kationitdan o'tkaziladi, so'ngra ifloslangan kationitni suv bilan yuviladi va kuchli mineral – sulfat, nitrat, xlorid kislotalar bilan regeneratsiyalanadi; regeneratsiyalangan kationit suv bilan yana yuviladi va unda yana ekstraksiyon fosfat kislotalarni tozalash mumkin bo'ladi. Bu usul kationitni tozalash bilan bog'liq ko'p bosqichli jarayon bo'lganligi sababli jarayon davomiyligining uzunligi, ishlab chiqarish samaradorligining pastligi, yo'qotiladigan fosfat kislotalarning (tozalanadigan kislotalarning 5% gacha) siklga qaytarilmasligi kabi yetarlicha kamchilikka egadir. Bundan

tashqari, regeneratsiyalashdan hosil bo'ladigan eritmani neytrallash va ularni chiqindixonalarda saqlash kabi muammolarni keltirib chiqaradi.

Shuning uchun kationitni yopiq sikldagi regeneratsiyalash yo'li bilan ekstraksion fosfat kislotani kationitli tozalash orqali samarali natijalarga erishilgan. Buning uchun ammiakli shakldagi ionitlar ishlatiladi. Bunda kationitni regeneratsiyalash uchun $\text{NH}_3:\text{P}_2\text{O}_5$ massa nisbati 0,3-0,42, ko'pincha 0,36 ga teng bo'lgan ammoniy fosfatlarining 5% li suvli eritmaları ishlatiladi. Bu usulda regeneratsiyalashdan oldingi va keyingi kationitni yuvish jarayonlari o'tkazilmaydi, bu esa ishlab chiqarish intensivligini oshiradi va fosfat kislota yo'qotilishini kamaytiradi.

Shunday qilib, tarkibida magniy bo'lgan ekstraksion fosfat kislotalarning konsentrlashdan tortib, toki murakkab o'g'itlar olishgacha bo'lgan muammolar amaliy jihatdan o'z yechimini topdi.

Nazorat uchun savollar

1. Fosforning qanday kislorodli kislotalarini bilasiz?
2. Fosfat kislotaning fizik xossalarini tushuntiring.
3. Fosfat kislotaning kimyoviy xossalarini tushuntiring.
4. Fosfatli minerallar turlarini ayting
5. Fosfatli xomashyolarni boyitish usullarini ayting.
6. Yuqori magniyli fosfatlar va fosforli o'g'itlar ishlab chiqarishda ulardan samarali foydalanish yo'llarini tushuntiring.
7. Termik fosfat kislota deganda nimani tushunasiz?
8. Elektrotermik usulda fosfor olishning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.
9. Sanoatda oq (sariq) fosfor ishlab chiqarish usulini tushuntiring.
10. Fosfor olish elektropechining tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
11. Termik fosfat kislota ishlab chiqarish usulini tushuntiring.
12. Tabiiy fosfatlarni sulfat kislotali parchalashning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.
13. Superfosfat olishning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.
14. Qoratog' (yoki Qizilqum) fosforiti asosida superfosfat ishlab chiqarish jarayonini tushuntiring.
15. Superfosfatni ammoniylashtirishda qanday jarayonlar sodir bo'ladi?
16. Apatitdan superfosfat ishlab chiqarish jarayonini tushuntiring.

17. Uzluksiz ishlaydigan superfosfat kamerasining tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.

18. Donadorlangan va ammoniylangan superfosfat ishlab chiqarish usulini tushuntiring.

19. Qishloq xo'jaligida qanday ftorli tuzlar ishlatiladi?

20. Vodorod ftoridning xossalarini ayting.

21. Ammoniy ftoridning xossalarini ayting.

22. Kremniy tetraftorid, kremneftorid kislota va uning tuzlari xossalarini ayting.

23. Ftorid kislota ishlab chiqarish usulini tushuntiring.

24. Ammoniy ftorid olish usulini tushuntiring.

25. Natriy geksaftorosilikat olish usulini tushuntiring.

26. Natriy ftorid olish usulini tushuntiring.

27. Ekstraksion fosfat kislota deganda nimani tushunasiz?

28. Ekstraksion fosfat kislota olishning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.

29. Ekstraksion fosfat kislota ishlab chiqarishning qanday usullarini bilasiz?

30. Tarnovli karusel vakuum-filtrning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.

31. Ekstraksion fosfat kislota olishning digidratli usulini tushuntiring.

32. EFK ishlab chiqarishning texnologik ko'rsatkichlari nimaga asoslanib aniqlanadi?

33. EFK olishning yarimgidratli va yarimgidrat-digidratli usullarini tushuntiring.

34. Ekstraksion fosfat kislota deganda nimani tushunasiz?

35. Ekstraksion fosfat kislota olishning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.

36. Ekstraksion fosfat kislota ishlab chiqarishning qanday usullarini bilasiz?

37. Tarnovli karusel vakuum-filtrning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.

38. Ekstraksion fosfat kislota olishning digidratli usulini tushuntiring.

39. EFK ishlab chiqarishning texnologik ko'rsatkichlari nimaga asoslanib aniqlanadi?

40. EFK olishning yarimgidratli va yarimgidrat-digidratli usullarini tushuntiring.

41. EFKni qo'shimchalardan tozalash jarayonini tushuntiring.
42. Ftorsizlantirilgan EFK qanday usullarda olinadi?
43. Fosfat kislotani konsentrlash jarayonlarini tushuntiring.
44. Magniy bo'lgan EFK ni konsentrlash jarayonini tushuntiring.

X-bob

XLORID KISLOTA ISHLAB CHIQRARISH NAZARIYASI VA TEXNOLOGIK HISOBLARI

1-§. O'yuvchi natriy, xlor va vodorod ishlab chiqarish

Doimiy elektr toki ta'siri ostida boradigan kimyoviy jarayonlar elektrokimyoviy jarayon deb ataladi. Elektrokimyoviy jarayonlarda doimiy elektr toki tuzlar yoki oksidlar eritmasi yoki suyuqlanmasi orqali o'tadi va elektroliz natijasida yangi moddalar olinadi.

Elektrokimyoviy jarayonlar elektrolizyor yoki elektrolitik vanna deb ataladigan jihozlarda amalga oshiriladi.

Elektrokimyoviy usul kimyoviy usulga nisbatan bir qator afzalliklarga egadir: unda bitta jihozda bir paytning o'zida bir necha qimmatbaho mahsulotlar olinishini ta'minlanadi; ishlab chiqarishning kimyoviy usullarida qiyinchilik bilan erishiladigan yuqori tozalikka ega bo'lgan mahsulotlar olinadi; xomashyo va energiyadan deyarli to'la foydalaniladi. Shu sababli xalq xo'jaligida elektrokimyoviy usuldan keng miqyosda foydalaniladi. Kimyo sanoatida xlor, vodorod va kislorod, ishqorlar, oksidlovchilar, ayrim organik mahsulotlar va boshqalar faqat elektrokimyoviy usulda olinadi. Metallurgiyada elektroliz katta ahamiyat kasb etadi. Mis, rux, aluminiy, natriy va boshqa metallar elektrokimyoviy yo'l bilan olinadi. Metallarni korroziyadan saqlash ham elektrokimyoviy yo'lda o'tkaziladi: himoyalanuvchi metall sirtiga rangli metallar, masalan nikel, xromning yupqa qatlami yotqiziladi. Bu qoplama galvanik qoplama deb yuritiladi.

Elektrokimyoviy jarayonlarni amalga oshirish katta miqdordagi elektr energiyasi harajatlari bilan bog'liqdir. Elektr energiyasining narxi ko'p hollarda olinadigan mahsulotlar narxini belgilaydi va shuning uchun arzon elektr energiyasi bo'lgandagina elektrokimyoviy qurilmalar maqsadga muvofiq bo'ladi. Respublikamizda energetikaning jadal rivojlanishi elektrokimyoviy ishlab chiqarishning rivojlanishiga mustahkam asos yaratadi.

Binobarin elektrokimyoviy jarayonlarni amalga oshirish elektroenergiya bilan bog'liq ekan, bu holda undan samarali foydalanish masalasi katta ahamiyat kasb etadi.

Elektrolizda elektroenergiyadan samarali foydalanish mezonini sifatida tok bo'yicha unum va energiyadan foydalanish koeffitsienti xizmat qiladi.

Tok bo'yicha unum. Tok bo'yicha unum η — ma'lum miqdordagi elektr energiyasi sarflanishi natijasida elektrolizda olingan moddaning miqdorini G_a Faradey qonuniga muvofiq olinishi mumkin bo'lgan moddaning miqdori G_n ga nisbatidir. Tok bo'yicha unum odatda foizlarda ifodalanadi:

$$\eta = \frac{G_a}{G_n} \cdot 100\%$$

Olingan moddaning nazariy miqdori G_n quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$G_n = \frac{I \tau E}{1000}$$

bu yerda: I — tok kuchi, a; τ — elektroliz davomiyligi, soat; E — elektrokimyoviy ekvivalent — elektroddan 1 a.s tok o'tganda ajraladigan moddaning miqdori (xlor uchun 1,323, o'yuvchi natriy uchun 1,492, vodorod uchun 0,0376).

Misol. 15500 amper tok kuchida osh tuzi eritmasini 24 soat elektroliz qilish uchun vannada tarkibida 125 g/l NaOH bo'lgan 4200 litr elektrolitik eritma olindi.

Quyidagi miqdordagi natriy xlorid nazariy jihatdan olinishi mumkin:

$$G_n = \frac{15500 \cdot 24 \cdot 1,492}{1000} = 555 \text{ kg}$$

Amalda esa quyidagi miqdorda o'yuvchi natriy olinadi:

$$G_a = \frac{125 \cdot 4200}{1000} = 525 \text{ kg}$$

Demak, tok bo'yicha unum:

$$\eta = \frac{525}{555} \cdot 100 = 94,6\% \text{ ni tashkil etadi.}$$

Sanoat elektrolizida unum doimo 100% dan kam bo'ladi, bu esa qo'shimcha kimyoviy va elektrokimyoviy jarayonlar sodir bo'lishini ko'rsatadi. Tok bo'yicha unumni oshirish uchun bu jarayonlarni bartaraf etish choralarini ko'rishni taqazo etadi.

Energiyadan foydalanish koeffitsienti. Energiyadan foydalanish koeffitsienti μ — mahsulot birligi ajrab olish uchun kerak bo'ladigan energiya miqdori ω_n ni haqiqatda sarflangan energiya miqdori ω_a ga nisbatini ifodalaydi. U foizlarda ifodalanadi:

$$\mu = \frac{\omega_n}{\omega_a} \cdot 100\%$$

Mahsulot birligi ajrab olish uchun kerak bo'ladigan energiya miqdori quyidagi formula bo'yicha topiladi:

$$\omega_n = \frac{v_r I \tau}{G_r} \text{ kvt} \cdot \text{s/t}$$

bu yerda: v_r — parchalanishning nazariy kuchlanishi.

Olinadigan mahsulot birligiga energiyaning amaldagi sarfi elektrolizga berilgan kuchlanish v_a ga bog'liqdir:

$$\omega_a = \frac{v_a I \tau}{G_a} \text{ kvt} \cdot \text{s/t}$$

Shunday qilib, energiyadan foydalanish koeffitsienti quyidagi tenglama bilan ifoda etiladi:

$$\mu = \frac{v_n}{v_a} \cdot \eta \%$$

Tenglamadan ko'rinadiki, tok bo'yicha unum qanchalik katta va vannadagi kuchlanish qanchalik kichik bo'lsa, energiyadan foydalanish koeffitsienti shunchalik katta bo'ladi.

Osh tuzi eritmasini temir katodli va grafit anodli vannada elektroliz qilinganda kuchlanish nazariy jihatdan (v_n) 2,14 v ga, amalda esa (v_a) 3,6 v ga teng bo'ladi. Agar tok bo'yicha unum 94,6% deb qabul qilinsa (misolga qarang), energiyadan foydalanish koeffitsienti:

$$\mu = \frac{2,14}{3,6} 94,6 = 56,2\% \text{ ga teng bo'ladi.}$$

Osh tuzi suvli eritmasining elektrolizi boshqa elektrokimyoviy jarayonlar orasida keng o'rin egallagan. Unda bir vaqtning o'zida xlor, vodorod va o'yuvchi natriy olinadi.

Xomashyolar. Xlor ishlab chiqarish uchun osh tuzi xomashyo vazifasini bajaradi.

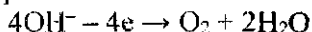
Xlor olish uchun osh tuzining to'yingan eritmasi elektroliz qilinadi. Osh tuzining to'yingan eritmasi tabiiy (toshtuz yoki cho'kindili) osh tuzini suvda namakob tarzida eritiladi, mexanik qo'shimchalardan ajratiladi, kalsiy va magniy ionlaridan tozalanadi va elektrolizga yuboriladi.

Osh tuzi eritmasining elektrolizi qattiq, temir (po'lat) katodli va diafragma bilan ajratilgan vannalarda yoki suyuq simob katodli vannalarda amalga oshiriladi. Yirik zamonaviy xlor olish sexlari jihozlari uchun qo'llaniladigan sanoat elektrolizyorlari yuqori unumdorlikka va sodda konstruksiyaga ega bo'lishi, ixcham bo'lishi, ishonchli va barqaror ishlashi lozim.

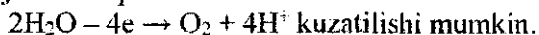
Po'lat katodli va grafit anodli vannada osh tuzi eritmasining elektrolizi osh tuzi eritmasidan doimiy tok o'tkazishga asoslangandir. Bu holatda anodda xlor ajralib chiqishi:



yoki kislorod ajralib chiqishi:



yoki vodorod ajralib chiqishi:



Natriy xlorid neytral to'yingan eritmasida OH^- ionining muvozanatdagi potensial razryadi +0,82 v ni, xlor ionlarining normal elektrod potentsiali esa +1,33 v ni tashkil etadi. Demak, anodda kichik qayta kuchlanish bilan birinchi navbatda kislorod zaryadsizlanadi.

Grafit anodda kislorodning zaryadsizlanish potentsiali xlornikidan anchagina katta, shuning uchun anodda asosan xlorning zaryadsizlanishi sodir bo'ladi va gaz holatdagi xlor ajralib chiqadi.

NaCl konsentratsiyasining ortishi anodda xlor ajrashini ta'minlaydi, shu sababli elektroliz uchun tarkibida 310-315 g/l natriy xlorid bo'lgan konsentrlangan eritmadan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

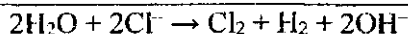
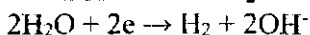
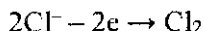
Katodda ishqoriy eritmada suv molekulalarining zaryadsizlanishi sodir bo'ladi:



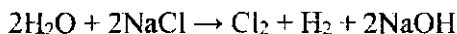
Qattiq katodda suvli eritmadan natriy ionlarining zaryadsizlanishi mumkin emas, chunki natriy ionining zaryadsizlanish potentsiali vodorodga nisbatan anchagina kattadir. Eritmadagi gidroksid ionlari natriy ionlari bilan ishqor eritmasini hosil qiladi:



Eritmada NaCl ning umumiy parchalanish jarayonini quyidagi reaksiyalar orqali ifodalanishi mumkin:



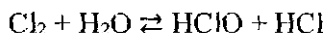
yoki



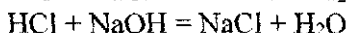
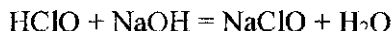
Shunday qilib, anodda xlor, katodda esa vodorod va o'yuvchi natniy hosil bo'ladi.

Elektrolizda asosiy jarayonlar bilan bir qatorda qo'shimcha jarayonlarning ham sodir bo'lishi kuzatiladi. Shunday qo'shimcha jarayonlardan biri anodda kislorodning hosil bo'lishidir. Bundan tashqari,

xlor elektrolitda erishi va quyidagi reaksiya tenglamasi bo'yicha gidrolizlanishi mumkin:



Ishqorning anodga diffuziyasi yoki katod va anod mahsulotlarining aralashishi natijasida gipoxlorid va xlorid kislotalarning tuzlari hosil bo'ladi:



ClO^- ionlari anodda ClO_3^- gacha oson oksidlanadi. Binobarin, elektrolizdagi qo'shimcha jarayonlar natijasida xlor, vodorod va o'yuvchi natriydan tashqari kislorod, natriy gipoxlorid, xlorit va xloratlari hosil bo'lishi mumkin, bu esa tok bo'yicha unum hamda energiyadan foydalanish koeffitsientini pasaytiradi.

Qo'shimcha reaksiyalarni kamaytirish uchun katod va anod mahsulotlari aralashishini oldini oladigan sharoitlarni yuzaga keltirilishi lozim. Bunga katod va anod maydonlarini diafragma bilan ajratilishi hamda OH^- ionlarini anod tomon harakatlanishiga qarama-qarshi yo'nalishida diafragma orqali elektrolitning filtrlanishi kiradi. Bunday diafragmalar «filtrlovchi diafragma» deb ataladi va asbestdan tayyorlanadi.

Elektroliz haroratining va elektrolitdagi NaCl konsentratsiyasining ortishi natijasida xlorning eruvchanligi kamayadi, shuningdek katod eritmasida NaOH konsentratsiyasining kamayishi qo'shimcha jarayonlar sodir bo'lishini kamaytiradi.

Elektroliz haroratining ortishi nafaqat tok bo'yicha unumni oshiradi, balki elektrolit elektr o'tkazuvchanligini ham oshiradi, bu esa vanna kuchlanishini pasaytiradi. Shunday qilib, haroratning ortishi elektroenergiya sarfini kamaytiradi, shuning uchun odatda natriy xlorid eritmasining elektrolizi 70-80°C haroratda amalga oshiriladi.

Sanoat elektrolizyori. Filtrlovchi diafragmali sanoat elektrolizyori ishlab chiqarishda keng qo'llaniladi. Bunday vannalarning ishlash prinsipi 10.1-rasmda tasvirlangan. Vannada teshikli po'lat katod (1) va grafit anod (4) bo'ladi. Katodga asbest kartondan iborat filtrlovchi diafragma (2) zich yopishtirilgan bo'ladi.

Natriy xlorid eritmasi anod maydoniga (5) beriladi, diafragmadan o'tishda filtrlanadi va katodga boradi.

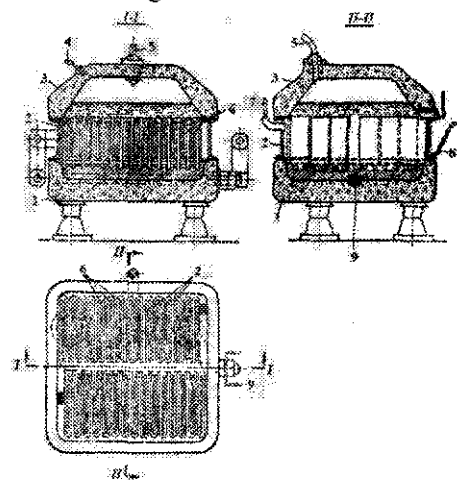
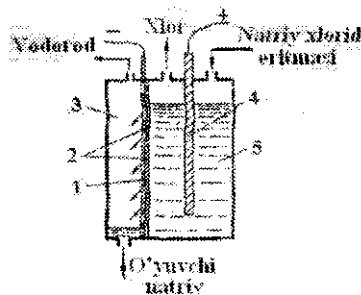
O'zgarmas elektr toki o'tkazilganda anodda xlor, katodda esa vodorod va o'yuvchi natriy hosil bo'ladi, vodorod va o'yuvchi natriy katod teshiklaridan o'tib, katod maydoni (3) orqali vannadan chiqariladi.

Vannada osh tuzi to'la parchalanmaydi hamda ishqor va parchalanmagan osh tuzining doimiy konsentratsiyasi hosil qilinadi. Vannadan chiqariladigan elektrolitik eritma tarkibida 110-120 g/l NaOH va 180-170 g/l NaCl bo'ladi.

10.1-rasm. Filtrlovchi diafragmali elektrolitik vanna sxemasi.

Sanoat elektrolizyori katta unumdorlikka ega bo'lishi lozim, bunga amper yuklamani oshirish orqali erishiladi. 50000 a amper kuchlanishli quvvatli vannalar katta sirt yuzaga ega vertikal katod va vertikal anod bilan tayyorlanadi. Bunday holatda diafragma asbest tolaning tuz-ishqorli eritmadagi suspenziyasidan katod yuzasiga «cho'ktirish» yoki vakuum yordamida so'rib olish orqali tayyorlanadi.

Cho'ktirilgan diafragmali vanna. Cho'ktirilgan diafragmali vannaga Xuker vannasi misol bo'lishi mumkin (10.2-rasm). U uch asosiy qismdan iborat: beton taglik (1), po'lat katod (2) va beton qopqoq (3). Taglik to'g'ri burchakli tegana shaklida bo'lib, unga quyi qismiga qo'rg'oshin quyish bilan grafit anodlar (6) hamda tok o'tishi uchun xizmat qiladigan misli sterjen (9) mahkamlangan. Anodlar grafit plastinkalar ko'rinishida bo'ladi. Katod — po'lat rama bo'lib, uning ichiga tekis yuzali po'lat to'r mahkamlangan.



10.2-rasm. Cho'ktirilgan diafragmali elektrolitik vanna sxemasi.

Vanna yuqori qismiga qopqoq o'rnatilgan, unda namakob berish uchun tirqish (4) va xlor chiqarish uchun tirqish (5) mavjud. Vodorod katod maydonidagi shtutser (7) orqali chiqariladi. Elektrolitik eritmani quyib olish uchun quvur (8) xizmat qiladi.

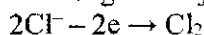
Elektrolizyorda tevarak atrof-

muhitga energiyaning issiqlik hisobida yo'qotilishini kamaytirish uchun issiqlik izolyatsiyasiga ega.

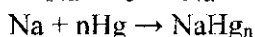
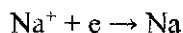
Cho'ktirilgan diafragmali vanna 94-97°C haroratda ishlaydi. Vannaga 10000 a quvvat beriladi, kuchlanish 3,75 v ni, tok bo'yicha unum 96% ni, energiyadan foydalanish koeffitsienti esa 60% ni tashkil etadi.

Elektroliz jarayonida BGK-17-25 va BGK-17-50 turidagi vannalar ko'p ishlatiladi. Tuzilishi va energiyadan foydalanish bo'yicha bu vannalar boshqa turlaridan ustun turadi.

Simob katodli vanna. Simob katodli va grafit anodli vannalarda natriy xlorid eritmasining elektrolizi anodda xlor ionlarining zaryadsizlanishi hisobiga gaz holatdagi xlor ajralishi bilan amalga oshadi:

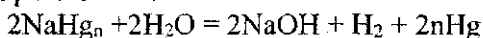


Simob katodda vodorodning ajralishi katta kuchlanish bilan sodir bo'ladi. Agar neytral eritmadan vodorodning ajralish potentsiali temir katodda -0,415 v ni tashkil qilsa, simob katodda -1,7 ÷ -1,85 v ni tashkil etadi. Simobda natriy katta depolyarizatsiya effekti bilan ajraladi, ortiqcha simobda erib, NaHg_n amalgamasini hosil qiladi. Shuning uchun simob katodda natriyning zaryadsizlanish potentsiali muvozanatli potentsialidan kichik bo'ladi. Uning muvozanatli potentsiali -2,71 v bo'lgani holda simob anodda -1,2 v ga teng. Shunday qilib, simob anodda quyidagi jarayonlar sodir bo'ladi:



va vodorod ajralishi amalda kuzatilmaydi.

Natriy amalgamasi maxsus parchalash jihozida suv bilan quyidagi reaksiya bo'yicha parchalanadi:



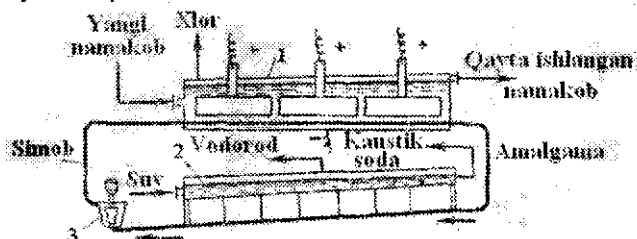
Simob katodli vannada elektroliz jarayoni o'rtacha 4,3-4,4 v kuchlanishda sodir bo'ladi.

Simob katodli vannaning prinsipial sxemasi 10.3-rasmda tasvirlangan. U ikki qismdan iborat: elektrolizyor va gorizontaal parchalagich.

Elektroliz va parchalagich tuzilish jihatdan ajratigan bo'lishi mumkin hamda ular bir-biri bilan o'tkazgich quvurlari bilan tutashtirilgan yoki bitta niqobga birlashtirilgan bo'ladi.

Elektrolizyor (1) – to'g'ri burchak kesimli uzun vanna bo'lib, ustki qismi qopqoq bilan berkitilgan, qopqoqqa grafit anod biriktirilgan bo'ladi. Vannaning qisman qiya tagligiga katod shina joylangan va u orqali muntazam yupqa qatlamli simob harakatlanadi. Shunday qilib, vanna

tagligi katod hisoblanadi. Elektrolizyor natriy xloridning to'yingan eritmasi (310-315 g/l) bilan ta'minlanadi, unga elektroliz jarayonida osh tuzi 260-270 g/l konsentratsiyagacha bo'lgan eritmasi qo'shiladi. Elektrolit vannadan unda erigan xlor bilan chiqadi, xlorni vakuum ostida ajratiladi, qisilgan havo purkash orqali tuz bilan to'yintiriladi, qo'shimchalardan tozalanadi va qayta elektrolizga beriladi. Hosil bo'lgan xlor vanna qopqog'i orqali chiqariladi.



10.3-rasm. Simob katodli elektrolitik vanna sxemasi.

Elektroliz jarayonida elektrolizyor tagligi bo'yicha simobning harakatlanishi natijasida natriy amalgamasi olinadi, u simobda eriydi va elektrolizyordan parchalagichga (2) o'tkaziladi. Gorizontall parchalagich – qopqoqli to'g'ri burchak tarmovdir. Parchalagichga suv beriladi va unda vodorod va ishqor mahsulotlari hosil bo'ladi. Parchalagich tagligi qisman qiya bo'lib, shu tufayli simob taglik bo'yicha harakatlanadi. parchalagichdan ko'targich (3) orqali elektrolizyorga uzatiladi.

Har xil turdagi vannalar ish ko'rsatkichlari 10.1-jadvalda keltirilgan.

10.1-jadval

Elektrolizyorlarning ish ko'rsatkichlari

Ko'rsatkichlar	Elektrolizyor turlari			
	Cho'ktirilgan diafragmali		Simob katodli	
	BGK-17-25	BGK-17-50	Solve-200	R-50
Yuklama, a	25000	50000	190000	30000
Kuchlanish, v	3,6	3,7	4,56	4,6
Tok bo'yicha unum, %	96	96	96	96
1 t xlorga energiya sarfi, kvt·s ..	2840	2920	3600	3240
Ishqor konsentratsiyasi, g/l	130-140	130-140	620-700	620-700

Ikki turdagi vannalar ishning ko'rsatkichlarini taqqoslash ko'rsatadiki, yuqori kuchlanish bo'lganligi sababli simob katodli vannalarda diafragmali vannalarga nisbatan energiya sarfi katta bo'ladi. Bundan tashqari, simob katodli vannalarni ishlatish birmuncha murakkab, ular qurilmalarining kapital xarajatlari katta bo'ladi. Simob vannalari jihozlangan vannalarda mehnat sharoiti og'ir, simobli vannalar katta hajmni egallaydi.

Simobli vannalarda osh tuzidan ajratilgan konsentrlangan eritmalar olish mumkinligi bunday vannalarning yagona ustunligi hisoblanadi. Shundan kelib chiqqan holda, toza ishqor olish talab etilsa (masalan, viskoza tolasi ishlab chiqarishda), barcha holatlarda simob katodli vannalar ishlatiladi.

Elektroliz sexlarida vannalar doimiy tok bilan ta'minlanadi hamda seriyalar deb ataluvchi vannalar birin-ketin joylashtiriladi. Seriyalardagi vannalar soni tok to'g'rilagichga beriladigan kuchlanishga bog'liq bo'ladi. Ko'p hollarda o'zgarmas tok manbainig kuchlanishi 240-280 v bo'lganda seriya 60-70 vannadan iborat bo'ladi.

Ishqor, vodorod va xlor. Elektroliz natijasida eritma tarzidagi ishqor olinadi, u bug'latgich jihozlarida konsentrlanadi. Diafragmali vannalarda olingan ishqor tarkibida 130-140 g/l gacha NaOH va 180-170 g/l gacha NaCl bo'ladi. Past konsentratsiyali o'yuvchi natriy eritmasini saqlash va tashish iqtisodiy jihatdan maqbul emas. Diafragmali vannalarda olinadigan ishqor tarkibida ko'p miqdorda osh tuzi bo'ladi va undan ayrim ishlab chiqarishlarda foydalanib bo'lmaydi. Shunday qilib, elektrolizdan olingan eritmalarini konsentrlash, diafragmali vannalarda olingan ishqor eritmasini esa natriy xloriddan tozalash va osh tuzini elektrolizga qaytarish kerak bo'ladi.

Eritmalarni konsentrlash vakuum-bug'latgichli jihozlarda 40-50% NaOH konsentratsiyagacha bug'latish orqali amalga oshiriladi. Kaustik sodaning keyingi suvsizlantirilishi suyuqlantiruvchi qozonlarda o'tkaziladi, natijada qattiq kaustik soda olinadi.

Diafragmali vannalar elektrolitik eritmalarini bug'latish natijasida qattiq osh tuzi ajralib chiqadi. Bu eritmada NaOH konsentratsiyasi ortishi osh tuzi eruvchanligining keskin kamayishiga olib kelishi orqali izohlanadi.

Ajralib chiqqan osh tuzi filtrlash orqali eritmadan ajratiladi, yuviladi, suvda eritiladi va elektroliz jarayoniga qaytariladi.

Amalda bug'latish va suyuqlantirishdan so'ng tarkibida 1-3% NaCl bo'lgan ishqor olinadi.

Vodorod sovutiladi va iste'molchiga yuboriladi.

Elektrolizda olinadigan xlor suv bug'i bilan to'yingan bo'ladi. Xlorni quritish ikki bochqichda amalga oshiriladi. Xlordan namlikni ajralishi uchun u sovutgichda 20-30°C haroratgacha sovutiladi, so'ngra to'la quritish uchun kuporos moyi taqsimlanadigan to'ldirgichli minoraga beriladi. Quruq xlor ventiryator yoki kompressor yordamida po'lat quvur orqali (quruq xlor metallni yemirmaydi) iste'molchi sexiga o'tkaziladi.

Ko'pgina korxonalarda xlorni qisish orqali suyuqlantirish amalga oshiriladi. Xlor uchta usul bilan suyuqlantiriladi: 1) 10-12 atm bosim va xona haroratida; 2) atmosfera bosimi va qariyb -50°C bo'lgan quyi haroratda; 3) 3-6 atm bosim va -5 dan -25°C gacha haroratda. Suyuq xlor 50 t gacha sig'imli po'lat ballonlar, bochkalar yoki sisternalarga quyiladi va shunday tarzda iste'molchiga yuboriladi.

2§. Xlorid kislota ishlab chiqarish

*Vodorod xlorid va xlorid kislota*ning xossalari. Xlorid kislota vodorod xloridning suvdagi eritmasidir.

Vodorod xlorid – rangsiz gaz bo'lib, -114,2°C haroratda suyuqlanadi va -85°C haroratda qaynaydi. Vodorod xlorid suvda juda yaxshi eriydi va bunda anchagina miqdorda issiqlik ajralib chiqadi. Vodorod xloridning suvda eruvchanligi haroratga bog'liqdir. 760 mm sim.ust. bosimida 0°C haroratda 1 l suvda 525,5 / HCl (eritmadagi massa ulushi 46,15% HCl) eriydi.

Vodorod xlorid suv bilan 760 mm sim.ust bosimida 20,24% HCl bo'lgan azeotrop aralashma hosil qiladi va u 110°C haroratda qaynaydi.

Sanoatda vodorod xlorid ham, xlorid kislota ham ko'p ishlatiladi. Vodorod xlorid organik birikmalar: etilen (etil xlorid olish uchun), asetilen (vinil xlorid olishda), etilen oksid (etilen xlogidrin) kabilarni gidroxlorlashda va boshqa organik xlorli birikmalar sintezida ko'p miqdorda ishlatiladi.

Xlorid kislota rux, bariy va boshqa noorganik tuzlar ishlab chiqarishda, rangli metallurgiyada, galvanotexnikada, monovinilasetilen (xlorpren olishda), asetilen (vinilxlorid olishda) kabilarni gidroxlorlashda, anilin bo'yoqlari ishlab chiqarishda, kraxmal gidrolizida (spirt olishda) va boshqa ishlab chiqarish tarmoqlarida ishlatiladi.

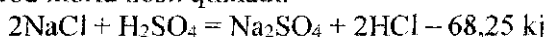
Quyidagi turlardagi texnik xlorid kislota ishlab chiqariladi: texnik xlorid kislota (1- va 2-nav), sintetik (texnik) xlorid kislota. Texnik xlorid kislota sifati tegishli DAST talablarida belgilab berilgan. DAST talabiga

muvofig, texnik xlorid kislotaning 1- va 2-navlari tarkibida 27,5% dan kam bo'lgan HCl, sintetik kislotada esa 31% dan kam bo'lgan HCl bo'lishi belgilangan.

Xlorid kislota 50 m³ gacha hajmli ichki qismi niqoblangan po'lat sisternalarda va 100 m³ sig'imli baklarda saqlanadi va tashiladi.

Xlorid kislota ishlab chiqarish. Xlorid kislota ishlab chiqarish ikki bosqichda amalga oshiriladi: vodorod xlorid olish va vodorod xloridni suvga yuttirish (absorbsiyalash). Xlorid kislota olishning turli usullari bir-biridan vodorod xlorid olish usullari bilan farq qiladi.

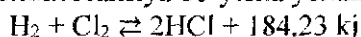
Vodorod xlorid olishning sulfatli usuli. Vodorod xlorid ishlab chiqarishning sulfatli usuli kimyoviy ishlab chiqarishning eski usullaridan biridir. Unda osh tuzi kuporos moyi bilan ta'sirlashib, quyidagi reaksiya bo'yicha vodorod xlorid hosil qilinadi:



Jarayon kuydirish pechlarida 500-550°C haroratda o'tkaziladi, bunda qattiq natriy sulfat va tarkibida 30-40% vodorod xlorid bo'lgan gaz olinadi. Olinadigan gaz sulfat kislota va boshqa qo'shimchalar bilan ifloslangan bo'ladi. Undan vodorod xloridni absorbsiyalashda texnik xlorid kislota hosil bo'ladi va uning konsentratsiyasi 27-31% dan oshmaydi.

Bu jarayon asosan natriy sulfat olish maqsadida amalga oshirilgan. Tabiiy natriy sulfat konlari topilgandan so'ng bu usul o'z ahamiyatini yo'qotdi.

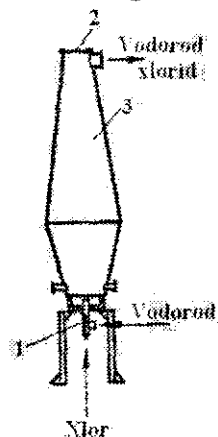
Vodorod xlorid sintezi. Osh tuzi suvli eritmasining elektrolizida olinadigan xlor va vodoroddan vodorod xlorid sintezi amalga oshiriladi. Vodorod xlorida ekzotermik reaksiya bo'yicha yonadi:



Odatdagi haroratda va qorong'i sharoitida reaksiya sodir bo'lmaydi. Yorug'lik nuri ta'sirida va qizdirilganda reaksiya katta tezlikda sodir bo'ladi va portlash bilan o'tishi mumkin.

Amalda vodorodning xlorida portlashsiz yonishi 2300-2400°C haroratda amalga oshiriladi. Xloridan to'la foydalanish uchun reaksiya aralashmasida 5-10% ortiqcha vodorod bo'ladi. Xlorning vodorod bilan ta'sirlashuvi pechlarda o'tkaziladi (10.4-rasm). Pech niqobi (3) po'latdan tayyorlangan va ichki qismi o'tga chidamli g'isht bilan niqoblangan bo'lib, ta'sirlashuvchi xlor va vodorod alangasining shu'lasiga yaqin shakldagi forsunka ko'rinishida bo'ladi. Pechning yuqori qismi asbestli qopqoq (2) bilan berkitilgan bo'ladi, u portlash bo'lganda ochilib ketadi. Pech ostki qismi o'tga chidamli g'isht bilan niqoblangan va uni ustiga konsentrik

joylashgan ikkita po'lat quvurdan iborat yondirgich (1) joylashtirilgan. Ichki quvurdan xlor, tashqi quvurdan esa vodorod beriladi. Yondirgichdan chiqishda gazlar aralashadi va bir-biri bilan ta'sirlashadi. Pech unumdorligi 100% li HCl hisobida sutkasiga 15-16 tonnani tashkil etadi.



Elementar xlor va vodoroddan vodorod xlorid sintezi ko'pgina afzalliklarga egadir: tarkibida 80-90% HCl tutgan vodorod xlorid gazi hosil bo'ladi, bu esa 31% va undan yuqori konsentratsiyali xlorid kislota olish mumkin bo'ladi; yuqori tozalikka ega bo'lgan xlorid kislota olinadi; sulfat kislota olinmaydi; jarayon yoqilg'i sarflanmasdan o'tkaziladi.

10.4-rasm. Vodorod xlorid sintez pechining sxemasi.

Elementar xlor va vodoroddan vodorod xlorid sintezi keng-ko'lamda ishlatiladi. Hozirgi paytda vodorod xlorid organik sintez sanotining qo'shimcha mahsulotlaridan ham ko'p miqdorda ishlab chiqarilmoqda.

Vodorod xloridning suv bilan absorbsiyasi gidratlar hosil bo'lishi va issiqlik ajralib chiqishi bilan sodir bo'ladi. Agar absorbsiya jarayonida ajralib chiqadigan issiqlik atrof-muhitga chiqarilmasa, kislota harorati keskin ortib ketadi, natijada tarkibida 20,24% HCl tutgan azeotrop aralashmadan yuqori konsentratsiyali kislota olib bo'lmaydi. Shu tufayli yuqori konsentrlangan kislota olish uchun erish issiqligini atrof-muhitga jadal chiqarish choralarini ko'rish lozim bo'ladi, bu esa ulkan absorbsiya qurilmalarida amalga oshirilishi bilan bog'liqdir.

A.M.Gasparyan tomonidan HCl erish issiqligini atrof-muhitga chiqarilmasdan, ya'ni adiabatik sharoitda vodorod xloridni suvga yutdirish usuli taklif etilgan. Bunda hosil bo'ladigan kislota harorati ortadi, bu esa kislota bug' bosimining ortishiga va suvning intensiv bug'lanishiga olib keladi. Suvning bug'lanishiga HCl erish issiqligi sarflanadi va bu adiabatik sharoitda harorat pasayishiga olib keladi.

Vodorod xloridning suv bilan absorbsiyasi sopol, kvars, plastmassa (faolit, viniplast) kabi xlorid kislota chidamli materiallardan tayyorlangan to'ldirgichli minoralarda amalga oshiriladi. Vodorod xlorid minora quyi qismidan kiradi, suv esa yuqoridan pastga qarama-qarshi harakatlanadi. Diametri 0,45 metr va balandligi 6,4 metr bo'lgan minorada sintetik

vodorod xloriddan sutkasiga 30 tonnagacha 31% li xlorid kislota olinishi mumkin.

Nazorat uchun savollar

1. Xlorning fizik-kimyoviy xossalarini ayting.
2. Elektrokimyoviy usulda o'yuvchi natriy, xlor va vodorod olishning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.
3. Filtrlovchi diafragma elektrolitik vannaning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
4. Vodorod xlorid va xlorid kislota xossalarini ayting.
5. Xlorid kislota ishlab chiqarishning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.
6. Vodorod xlorid sintez pechining tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.

XI-bob

FTORID KISLOTA ISHLAB CHIQUARISH NAZARIYASI VA TEXNOLOGIK HISOBLARI

Hozirgi zamon kimyoviy texnologiyasi va texnikasida fluorli birikmalar muhim rol o'ynaydi. Suyuq vodorod fluorid spirtlar, aldegidlar va efirlar, polimerlash, izomerlash va alkallash jarayonlari uchun katalizatorlar sifatida, masalan yuqori faol motor yoqilg'ilari olish jarayonida qo'llaniladi. Suvsiz va suyuq vodorod fluoriddan organik birikmalarning fluorli hosilalari – issiqlik tashuvchilar, dielektriklar, yong'in o'chirish vositalari sifatida ishlatiladigan uglerod fluoridlar, shuningdek termo- va kimyoviy barqaror plastmassalar (fluoroplastlar), xlorli uglerod fluoridlari (freonlar) tayyorlash uchun qo'llaniladi. Kislotadan titan, sirkoniy, niobiy, tantal, vanadiy va boshqa metallar fluoridlari ishlab chiqarishda foydalaniladi. CoF_3 , MnF_3 , CeF_4 , PbF_4 va AgF_2 lar uglevodorodlarni fluorlash jarayonida katalizator hisoblanadi. Kauchuklar, farmatsevtika preparatlari olish va boshqa jarayonlarda katalizator sifatida bor fluorid ishlatiladi. Surma, simob va rux fluoridlari ham katalizator vazifasini o'taydi. Vodorod fluorid tabiiy fosfatlardan uranni ajratib olish va uran fluorid olish uchun ishlatiladi.

Fluor tuzlarining ko'p miqdori metallurgiyada ishlatiladi. Qazib olinadigan kalsiy difluorid (flyuorit) ning taxminan 70% miqdori marten va elektr pechlarida flyus sifatida ishlatiladi. Kalsiy fluoridning toza navlari optik jihozlar va boshqalarda qo'llaniladi.

Flyuorit (plavik shpat) va fosfatli rudalar fluorning tabiiy manbalari hisoblanadi. Fosfatli rudalarda fluorning miqdori nisbatan oz bo'lishiga qaramay, butun dunyodagi fluorning bunday turdagi xomashyo zaxirasi 90% dan ortiqni, uning tarkibida 48,7% gacha fluor bo'lgan flyuoritli zaxirasi esa 10% ni tashkil qiladi. AQSH geologik boshqarmasi ma'lumotlariga ko'ra, fosfat rudalaridagi fluorning butun dunyo manbaalari 360 mln tonna, shu bilan bir qatorda flyuorit shaklidagi fluorning zahirasi esa ~90 mln tonnaga teng deb baholanmoqda. Har yili o'g'itlar ishlab

chiqarishda fosfatli rudalar bilan bir qatorda tarkibida 4 mln tonna fluor bo'lgan uning birikmalari ishlab chiqarilmoqda.

Fosfatli xomashyodan fluorning ajratib olishnishi va ishlatilishida ikkita: fluorli birikmalar ishlab chiqarishni kengaytirish va atrof-muhitga fluorli moddalar chiqishi hisobiga biosferaga zarar yetkazilishini oldini olish masalalari yechiladi.

Kimyo sanoatida fluor va uning organik va noorganik birikmalari ishlab chiqariladi. Suyuq vodorod fluorid, fluorid kislota, fluoridlar va fluorosilikatlar (kremnefluoridlar) fluorning muhim noorganik birikmalari hisoblanadi.

Suvda eruvchan fluoridlar va fluorosilikatlar zaharlidir – bu esa ulardan insektofungitsidlar va antiseptiklar sifatida foydalanish uchun muhim ahamiyat kasb etadi. Natriy fluorid, natriy va bariy fluorosilikatlar shakar lavlagi, zig'ir, sabzavot va boshqa o'simliklar zararkunandalariga qarishi kurashda, shuningdek bariy fluoratsetga o'xshash zoosidlar ishlatiladi.

Fluor birikmalari metallurgiyada [masalan, natriy fluoralyuminatlar (kriolit) va alyuminiy fluoridlar alyuminiy ishlab chiqarishda], atom energetikasida, qurilish materiallari ishlab chiqarishda, to'qimachilik sanoatida va boshqa sohalarda ishlatiladi. Vodorod fluorid issiqlik tashuvchi materiallar, xladonlar, dielektriklar, yong'in o'chirish vositalari, issiqlikka chidamli surkov vositalari sifatida ishlatiladigan fluororganik birikmalar olish, shuningdek termo- va kimyoviy bardosh plastmassalar – fluoroplastlar tayyorlash uchun ishlatiladi.

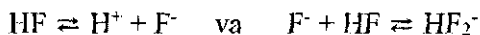
1-§. Fluorid va geksaforsilikat kislotalarning fizik-kimyoviy xossalari

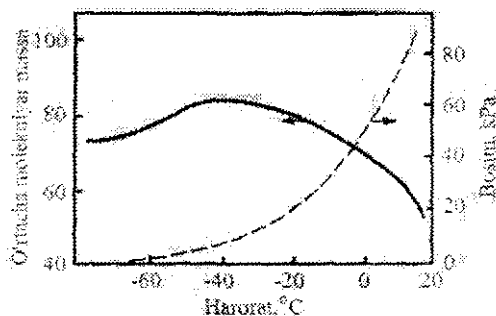
Vodorod fluorid HF rangsiz, 19,9°C da (101,3 kPa da) qaynaydi, -83,1°C da suyuqlanadi. Gazsimon, suyuq va qattiq holatida bo'ladi. HF molekularining o'ziga xos xususiyati – bu uning assotsiyanlashga moyilligidir (11.1-rasm). 0 dan 105°C gacha harorat (t) uchun HF bug'larining to'yingan bug' bosimi (P) quyidagi:

$$\lg P = 7,5 - 1952,6 / (355,5 + t)$$

formula bilan hisoblanadi.

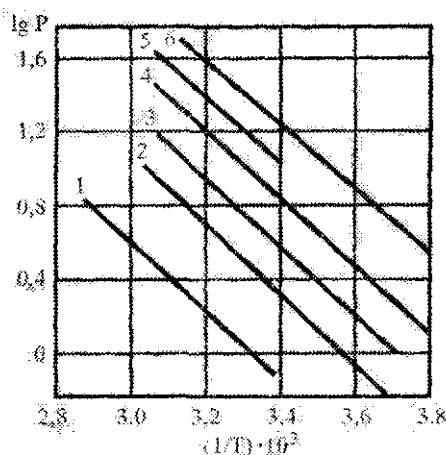
Vodorod fluorid suvda yaxshi eriydi, uning suvli eritmasi HF(aq) fluorid (plavik) kislota deyiladi. Fluorid kislota suvli eritmalarida gidrofluorid (diflorogidrogenat) HF_2^- ionlari hosil qilgan holda dissotsilanadi:





11.1-rasm. Vodorod fluorid bug'ining o'rtacha molekulyar massasi va to'yingan bug' bosimi

HF ishqoriy metallarning fluoridlari bilan $\text{MeF} \cdot n\text{HF}$ turidagi kristall birikmalar hosil qiladi, bunda masalan, KF uchun $n = 2, 3$ va 4 ga teng. Florid kislotasi ustidagi gazli fazadagi HF ning bosimi 11.2-rasmida ko'rsatilgan.



11.2-rasm. Florid kislotasi suvli eritmasi ustidagi HF ning bug' bosimi (P , kPa): HF miqdori, %:
 1 – 41,2; 2 – 50,9; 3 – 55,1; 4 – 60,52;
 5 – 65,45; 6 – 70,23

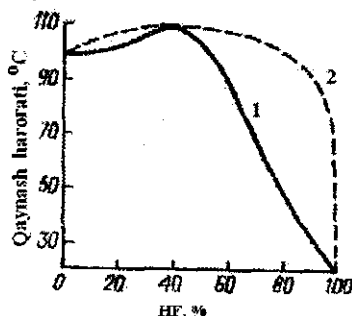
HF – H_2O sistemasida qaynash harorati va atmosfera bosimidagi bug'ning muvozanat tarkibi 11.3-rasmida keltirilgan. Bu ma'lumotlar tarkibida 0,1-1,8% H_2SiF_6 bo'lgan HF ning suvli eritmalariga taalluqlidir.

Diagrammadan ko'rinadiki, HF – H₂O sistemasida tarkibida ~38% HF bo'lgan va 109°C (101,3 kPa) da qaynaydigan azeotrop aralashma mavjud.

Vodorod fluorid quruq holatda ko'pchilik element va ularning oksidlari bilan ta'sirlashmaydi, ammo namlik ishtirokida shiddatli reaksiyaga kirishadi. Fluorid kislota shisha va silikatlarni yemiradi, chunki kremniy dioksid bilan oson ta'sirlashadi:



Ayrim metallar, masalan qo'rg'oshin va mis fluorid kislota ta'siriga nisbatan chidamlidir, chunki ularning sirtki qavati reaksiya mahsulotidan hosil bo'lgan plyonka bilan o'ralib qoladi. HF ta'siriga rezina, ebonit va bir qancha plastmassalar yanada chidamlidir.



11.3-rasm. 101,3 kPa bosimda HF – H₂O sistemasidagi qaynash harorati va bug'ning tarkibi:

1 – suyuqlikning tarkibi; 2 – bug'ning tarkibi

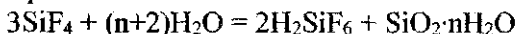
Fluorid kislota kletchatkani eritadi va shuning uchun terini yemirib, yara hosil qiladi. Shuning uchun fluorid kislota va vodorod fluorid bilan ishlanganda nihoyatda ehtiyot bo'lish lozimdir.

MeHF₂ turidagi ishqoriy metall gidrofluoridlari HF ga nisbatan kuchsiz kislota, boshqa metallar birikmalari, masalan AlF₃·3HF (yoki H₃AlF₆) esa HF ga nisbatan kuchli kislota hisoblanadi.

Kremniy tetrafluorid SiF₄ – rangsiz gaz, sovutilganda to'g'ridan-to'g'ri qattiq fazaga o'tadi. Qattiq holatdagi SiF₄ –94,8°C da haydaladi. Qattiq holatdagi SiF₄ ning sublimatsiyalanish bosimi:

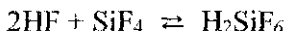
$$\lg P = 9,5 - 6100/(4,57T)$$

formula bilan hisoblanadi. Kremniy tetrafluorid suvga yaxshi (1 hajm suvga 265 hajm) yutiladi, bunda gidrolizlanib, geksafluorsilikat va silikat kislotalarni hosil qiladi:



600-800°C gacha haroratda SiF_4 ning suv bug'ri bilan gidrolizi juda oz darajada sodir bo'ladi.

Kompleks geksaftorsilikat (kremneftorid, ftorosilikat) kislota H_2SiF_6 ham ftorid kislotada SiF_4 ning erishi natijasida hosil bo'ladi:



H_2SiF_6 eritmalarida vodorod ionlarining yuqori konsentratsiyali bo'lishini HF ning dissotsilanish ($\text{HF} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{F}^-$) muvozanatini F^- ionini erigan SiF_4 ga birikishi natijasida SiF_6^{2-} kompleks ioniga aylanishi ($2\text{F}^- + \text{SiF}_4 \rightleftharpoons \text{SiF}_6^{2-}$) hisobiga o'ng tomonga siljishi orqali izohlanadi.

$\text{SiF}_6^{2-} + (n+2) \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{H}^+ + 6\text{F}^- + \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
gidrolizning muvozanat konstantasi 20°C da:

$K = [\text{H}^+]^4[\text{F}^-]^6/[\text{SiF}_6^{2-}] = 4 \cdot 10^{-28} \div 1 \cdot 10^{-27}$
oralig'ida bo'ladi.

Geksaftorsilikat kislota – konsentrlangan suvli eritmalaridan 19°C da suyuqlanadigan rangsiz $\text{H}_2\text{SiF}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ kristallari shaklida ajraladi. Bug'lari HF va SiF_4 ga kuchli dissotsilanadi.

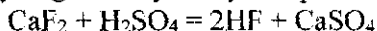
480°C da natriy kremneftorid Na_2SiF_6 ning NaF va SiF_4 ga dissotsilanish bosimi 1,07 kPa ga teng, 522°C da 6,16 kPa ga teng, yanada yuqori haroratda u keskin ortadi. Na_2SiF_6 ning suvda eruvchanligi 20°C da 0,66% ga, 100°C da esa 2,45% ga teng. Uning ftorid kislotadagi eruvchanligi esa birmuncha yuqori bo'ladi. Na_2SiF_6 suvli eritmalarida, ayniqsa kuchsiz eritmalarida ko'proq gidrolizlanadi. Gidrolizlangan eritmalar uchun $\text{pH} = 3,5 \div 4$ bo'ladi.

2-§. Ftorid kislota ishlab chiqarish

Texnik ftorid kislota A va B markalarda ishlab chiqariladi va Davlat standarti talablariga muvofiq, ularning tarkibida mos holda: 70 va 40% dan ortiq HF; 0,5 va 0,02% dan kam H_2SiF_6 ; 0,1 va 0,02% dan kam H_2SO_4 bo'ladi. Ftorid kislota gummirlangan po'lat temir yo'l sisternalarida va polietilen idishlarda tashiladi. Tarkibida HF ning miqdori 99,9% dan kam bo'lmagan (oliy nav) yoki 99,87% bo'lgan (1-nav) suyuq vodorod ftorid uchun idish sifatida yuqori bosim sharoitida ishlatishga mo'ljallangan po'lat ballonlar, konteynerlar va maxsus temiryo'l sisternalari ishlatiladi.

Suvsiz vodorod ftorid va ftorid kislota olish uchun ko'pincha plavik shpat (flyuorit) ishlatiladi.

Maydalangan plavik shpat pechda 220-280°C haroratda 90-92% li sulfat kislota bilan quyidagi reaksiya bo'yicha parchalanadi:



Pechdan tashqi qizdirish orqali HF bilan to'yingan gaz chiqadi va uni sovutish natijasida suyuq fodorod ftorid kondensatsiyalanadi. Pechdan ichki qizdirish orqali HF bilan to'yinmagan gaz chiqadi va uni suv bilan yuvish natijasida plavik kislota olinadi. Plavik kislota – vodorod ftorid va xomashyodagi kremnezem qo'shimchasidan hosil bo'ladigan geksaftorsilikat kislota bilan ifloslangan bo'ladi. Plavik kislotalari geksaftorsilikat kislotalardan tozalash uchun u soda bilan qayta ishlanadi, bunda yomon eriydigan natriy kremneftorid cho'ktiriladi:



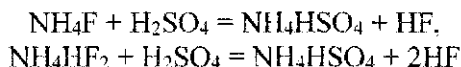
Tozalangan kislota – cho'ktirish orqali kriolit, alyuminiy ftorid va natriy ftorid kabi suvda yomon eriydigan mahsulotlarga qayta ishlanadi.

Flyuoritdan ftorid kislota olishning boshqa bir usulida u 1200°C dan yuqori haroratda pirogidrolizlanadi. Oson suyuqlanuvchi shlak hosil bo'lishi uchun pirogidroliz jarayoni kvarsit yoki boshqa SiO₂ tutgan materiallar ishtirokida o'tkaziladi. Natijada kalsiy silikat va HF hosil bo'ladi:



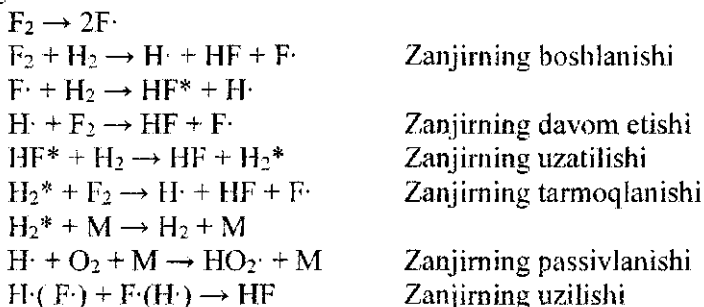
Vodorod ftorid fosforli o'g'itlar ishlab chiqarishning chiqindi gazlaridan ham olinishi mumkin. Masalan, sulfat va kremneftorid kislotalar aralashmasidan HF va SiF₄ ni haydash va so'ngra gazlar aralashmasidagi komponentlarni ajratish orqali ham olinishi mumkin. Lekin bu ancha qiyinchilik bilan amalga oshiriladi. Undan ko'ra, dastlab SiO₂ ni ajratish hamda ftorli (NaF, CaF₂) yoki gidroftoridli (NaHF₂, NH₄HF₂) tuzlarga aylantirish va so'ngra ulardan kislotali yoki termik parchalash orqali HF olish afzalroqdir. Masalan, SiF₄ ni ammiakli absorbsiyalash natijasida dastlab ammoniy ftorsilikati hosil qilinadi; uning keyingi ammoniylanishi va SiO₂ cho'kmasining ajratilishidan olingan NH₄F eritmasi qattiq natriy ftorid bilan aralashtiriladi. Bunday eritma bug'latilganda ftorsilikatning parchalanishi uchun qaytariladigan ammiak ajraladi; hosil bo'ladigan natriy gidroftoriddan gaz holatdagi HF ajratib olinishi uchun qizdiriladi va qattiq qoldiq ishlab chiqarish sikliga qaytariladi. Bu usulda ftorli gazlarning va shunga muvofiq holda ammoniy ftorsilikat eritmasining tozaligi muhim ahamiyatga egadir, chunki fosfatli va sulfatli qo'shimchalar aylanuvchi eritmalar va natriy ftorid tarkibida to'planadi; ularni sikldan chiqarishga to'g'ri keladi.

Boshqa usul ammiakning qisman uchirilishi hisobiga ammoniy ftorid suyuqlanmasini bug'latishga asoslangan; bunda ammoniy ftorid va gidroftorid aralashmasi olinadi, uni 200-330°C da sulfat kislota bilan parchalanadi:

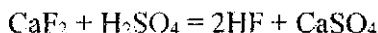


Ikkinchi reaksiyada ammiak va sulfat kislota sarfi, shuningdek oraliq mahsulot – NH_4HSO_4 sarfi birinchi reaksiyadagiga nisbatan 2 marta kamdir.

Vodorod ftorid va ftorid kislota ishlab chiqarish. F_2 molekulasidagi bog'lanish kuchsiz (160 kJ/mol), H-F bog'lanish esa mustahkam bo'ladi. Bu $\text{H}_2 + \text{F}_2$ o'rtasidagi tarmoqlanuvchi zanjir reaksiyasi tarzidagi ftorlash reaksiyasi sodir bo'lishining energetik asosi sifatida xizmat qilishi mumkin. Bu esa bir necha bosqichlardan tashkil topgan quyidagi sxema bo'yicha elementlardan vodorod ftorid olish mumkinligini ko'rsatadi:

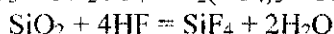
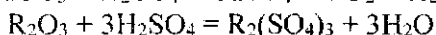
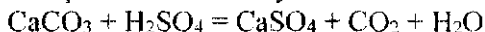


Tabiiy flyuoritni 90-92% li sulfat kislota bilan parchalash jarayoni sanoat ishlab chiqarishida vodorod ftorid olishning keng tarqalgan usuli hisoblanadi:



Jarayonni to'xtovsiz ishlaydigan aylanuvchi pechda 120-180°C haroratda amalga oshiriladi.

Boshlang'ich xomashyoda qo'shimchalar bo'lganligi sababli asosiy jarayon bilan parallel qo'shimcha reaksiyalar ham sodir bo'ladi:



Sanoatda vodorod ftorid olishning uchta usuli mavjud:

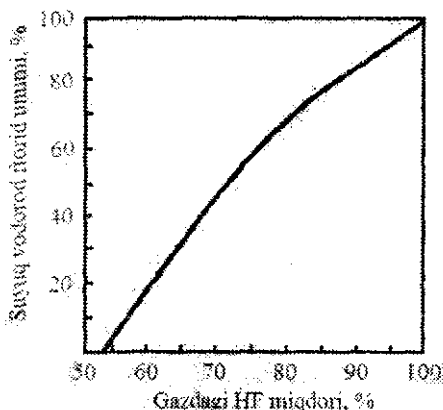
1) HF suvli eritmasini olish;

2) 100% li suyuq HF olish;

3) flyuoritni qayta ishlash jarayonidagi chiqindi gazlaridan HF ning suvli kuchsiz eritmalarini olish.

Suyuq (100% li) vodorod ftorid va ftorid kislota olish. Suyuq vodorod ftorid olish uchun yuqori konsentratsiyali va tarkibida oz miqdorda kremniy tetraftorid bo'lgan gaz kerak bo'ladi. Shuning uchun ishlab chiqarishda xomashyo sifatida tarkibida 96-97% CaF_2 va minimal miqdorda kremniy dioksid bo'lgan dala shpati (flyuorit) yoki uning konsentrati qo'llaniladi.

11.4-rasmda boshlang'ich gazni 80 dan -15°C gacha sovutilganda undagi HF konsentratsiyasiga bog'liq holda suyuq vodorod ftoridning unumi keltirilgan. Rasmdan ko'rinadiki, gazdagi HF konsentratsiyasi pasayganda suyuq vodorod ftorid unumi keskin kamayadi va 54% ga yetganda unum nolga yetadi. Tarkibida 54% dan kam HF bo'lgan gazdan suyuq vodorod ftoridni faqatgina -15°C haroratdagina kondensatlanishi mumkin, bu esa ishlab chiqarishda samarali hisoblanmaydi.

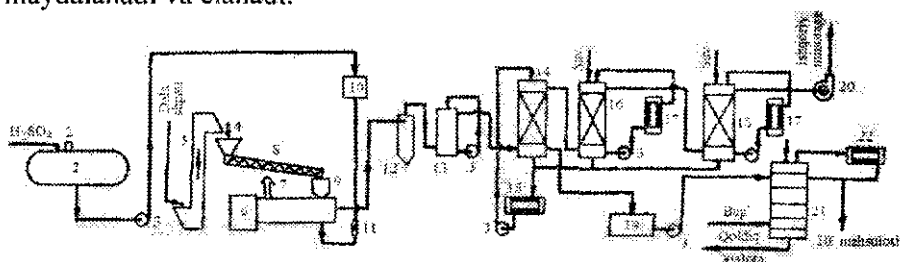


11.4-rasm. Suyuq vodorod ftorid unumining boshlang'ich gazdagi HF konsentratsiyasiga bog'liqligi.

Boshlang'ich gaz tarkibida oz miqdorda suv bo'lsa ham suyuq vodorod ftorid unumi keskin kamayadi. Gazdagi suv miqdori reaksiya tenglamasi yuqorida keltirilgan suv ajralib chiqishi bilan parchalanadigan boshlang'ich xomashyodagi qo'shimchalar bo'lishiga bog'liqdir. Shuning uchun ishlab chiqarishda suvni ajratib olishning eng yaxshi usuli gazdan vodorod ftoridni bir necha bosqichda kondensatsiyalash hisoblanadi.

Vodorod fluorid suv bilan har qanday nisbatda aralashadi, tarkibida 80% va undan ko'p HF bo'lgan yuqori konsentratsiyali fluorid kislota hosil qiladi. Suyuq vodorod fluorid olish usullaridan birida shunday kislota rektifikatsiyalash hisoblanadi. Bunday holatda rektifikatsiya kolonnasi ichida muntazam qaynab turadigan aralashma qoladi, kolonnadan chiqadigan konsentrlangan vodorod fluorid suyuq mahsulotga konsentratlab olinishi mumkin.

Suvsiz vodorod fluorid olishning 11.5-rasmda keltirilgan sxemasiga muvofiq, tarkibida 97% dan ko'p CaF_2 , 1% dan kam SiO_2 va 1% dan kam CaCO_3 bo'lgan boshlang'ich dala shpati barabanli quritgichda quritiladi, maydalanadi va elanadi.



11.5-rasm. Suvsiz suyuq vodorod fluorid olish sxemasi:

1-kislota yig'gichi; 2-havo klapani; 3-markazdan qochma nasos; 4-bunker; 5-elevator; 6-dala shpatini parchalash pechi; 7-mo'rili quvur; 8-shnekli transportyor; 9-bunker ta'minlagich; 10-ta'minlovchi yig'gich; 11-rotamer; 12-siklonli changtutgich; 13-skrubber; 14, 16, 18-absorberlar; 15-sovutgich; 17-sovutgichlar; 19-yig'gich; 20-ventilyator; 21-rektifikatsiya minorasi; 22-deflegmator.

Boshlang'ich kukunsimon flyuorit qabul qiluvchi bunkerdan elevator (5) bilan yuqoridagi (4) bunkerga uzatiladi, u yerdan shnekli transportyor (8) yordamida (9) ta'minlagich-bunkerga yuklanadi. Boshlang'ich sulfat kislota (1) yig'gichdan markazdan qochma nasos yordamida (10) ta'minlovchi idishga uzatiladi, u yerdan rotametr (11) yordamida aralashtirgichli ta'minlagichga uzatiladi. Shu bilan bir paytda ta'minlagichga muntazam tarzda boshlang'ich flyuorit kelib tushadi. Boshlang'ich xomashyolar aralashmasi – shixta (flyuoritning sulfat kislota bilan aralashmasi) 5-6 minut davomida shnek tarzidagi aralashtirgichli ta'minlagichdan o'tib, pechga (6) tushadi.

HF olish uchun to'xtovsiz ishlaydigan aylanuvchi barabanli pech ishlatiladi. Baraban 12-16 mm qalinlikdagi po'lat-3 dan tayyorlangan bo'lib, tabiiy gaz bilan qizdiriladi.

Pech harorati unga kirishda 160-180°C ni, undan chiqishda esa 120-140°C tashkil qigan holda reaksiya aralashmasining pechda bo'lish davri

55-60 minutni tashkil etadi. Pechdan chiqadigan gaz harorati 120-140°C bo'lib, uning tarkibida 80% gacha HF bo'ladi. Pechdan chiqadigan ishlab chiqarish chiqindisi tarkibida ~80% CaSO₄, 2-6% CaF₂ va 10-12% sulfat kislota bo'ladi. Chiqindi kalsiy karbonat bilan neytrallanadi.

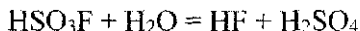
Pechdan chiqadigan gaz holatidagi HF chang tutgich (12) orqali gaz o'tkazgichdan o'tib, skrubberda (13) sulfat kislota bilan yuviladi, unga markazdan qochma nasos (3) yordamida sovutgich (15) orqali sulfat kislota aylantirib turiladi va gaz 80% li HF ishlab chiqaradigan absorbsiya kolonnasiga (14) yuboriladi. Undan chiqadigan qoldiq gaz 60% li fluorid kislota ishlab chiqaradigan absorbsiya minorasiga (16) yo'naltiriladi. Sovutgich (17) – absorber (16) tizimida nasos (3) bilan sirkulyatsiyalangandan so'ng 60% li fluorid kislota ishlab chiqariladi. Shundan so'ng gaz absorberdan (16) xuddi absorbsiya qurilmalaridagi (14 va 16) kabi texnologiya bo'yicha 30% li fluorid kislota hosil bo'ladigan absorbsiya qurilmasiga (18) yuboriladi.

Chiqindi gazlarini atmosferaga chiqarishdan oldin koks to'ldirgichli minorada natriy gidroksidning suvli eritmasi bilan yuviladi. 80% li fluorid kislota mis qalpoqli kolonnada (21) rektifikatsiyalanadi va deflegmator (22) orqali tayyor mahsulot sifatida chiqarib olinadi. 60% li vodorod fluorid absorbsiya minorasiga qaytariladi, u yerda HF 80% gacha konsentrlanadi.

Suyuq vodorod fluorid tarkibidagi oz miqdorda qolgan suvni tozalash uchun uni 90-100% li sulfat kislota bilan ekstraksiya-distillyatsiya minorasida qayta ishlanadi. Minoraning yuqori qismidan sulfat kislota, o'rta qismidan esa suyuq vodorod fluorid uzatiladi. Minoradagi bosim 0,35-0,7 atm, harorat esa 150-180°C chegarasida ushlab turiladi. Minoraning yuqori qismidan suvsiz HF, quyi qismidan esa 80% li sulfat kislota chiqadi.

Minora ostki qismida haroratning ortishi va sulfat kislotani suyulishi natijasida hosil bo'ladigan oz miqdordagi ftorsulfon kislotaning gidrolizi sodir bo'ladi.

Suvsiz vodorod fluoridni suyuq ftorsulfon kislotani bosqichli gidrolizlash orqali ham olish mumkin:



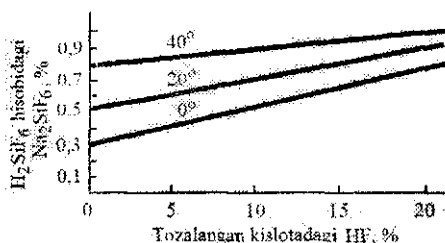
Bunda har bir bosqichda qo'shiladigan suv miqdori HSO₃F ni to'la parchalash uchun kerak bo'ladigan miqdordan kam bo'lishi kerak.

Fluorid kislota olish suyuq vodorod fluorid olish usulidan asosan vodorod fluorid absorbsiya tizimi bilan farq qiladi. Bu holda vodorod fluorid absorbsiya jarayoni halqasimon koks to'ldirilgan bir necha (7-8 ta) absorberlardan iborat tizimda amalga oshiriladi. Absorberlar korpusi

himoyalangan bo'ladi. Hozirgi paytda absorberlar ftoroplastdan tayyorlanmoqda. 80°C dan past haroratda ishlaydigan absorberlar esa organik shisha yoki polietilendan tayyorlanadi. Shuningdek ularni grafitdan ham tayyorlash mumkin.

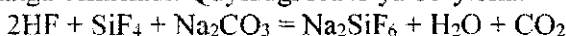
Absorbsiya jarayoni quyidagi tartibda amalga oshiriladi. Oxirgi absorberga suv beriladi va undan olinadigan konsentrlanmagan kislota oldingi absorberlarga gaz harakatiga qarama-qarshi yo'nalishda beriladi. Gaz harakati bo'yicha birinchi absorberdan mahsulot kislotasi chiqarib olinadi. Tizim orqali gaz harakatini ta'minlash uchun oxirgi absorberdan keyin kimyoviy himoyalangan ventilyator o'rnatiladi.

Tizimda kimyoviy himoyalangan markazdan qochma nasoslar yordamida kislota harakatlantiriladi. 11.6-rasmdan ko'rinadiki, tarkibida 40% HF bo'lgan belgilangan me'yordagi ftorid kislota olish uchun absorbsiyaga keladigan gazdagi HF konsentratsiyasi 25°C haroratda 7 mg/l dan, 50°C haroratda esa 30 mg/l dan ko'p bo'lishi talab etiladi. Absorberlarga beriladigan suv miqdori shunday boshqariladiki, bunda mahsulot kislotasida 12-18% HF bo'lishi ta'minlanadi.



11.6-rasm. Turli xil haroratda natriy geksaftorsilikatning ftorid kislotada eruvchanligi.

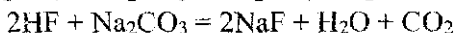
Absorberlarda HF yutilish jarayoni bilan parallel holda SiF₄ ning kondensatsiyasi sodir bo'ladi. Absorberlardan chiqadigan texnik ftorid kislotadagi SiF₄ konsentratsiyasi boshlang'ich dala shpatidagi kremniy dioksid miqdoriga bog'liq bo'lib, 2 dan 20% gacha chegarada o'zgaradi. Ftorid kislotani natriy geksaftorsilikat hosil qiladigan SiF₄ dan tozalash uni kimyoviy himoyalangan reaktorlarda natriy karbonat bilan qayta ishlash yo'li bilan amalga oshiriladi. Quyidagi reaksiya bo'yicha:



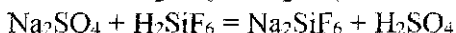
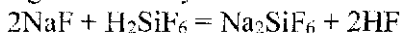
hosil bo'ladigan qiyin eriydigan natriy geksaftorsilikat cho'kmaga tushadi, uni tindirish yoki vakuum-filtrda filtrlash yo'li bilan ajratiladi va suv bilan yuviladi.

Yuvindi suv fluorid kislota bilan aralashtiriladi va fluoridlar olishga yuboriladi.

Natriy geksafluorsilikatni cho'ktirish uchun ortiqcha miqdorda natriy karbonat qo'llab bo'lmaydi, chunki bunda HF ning bir qismi neytrallanadi:



Eritmani reaksiyada keltirilgan geksafluorsilikat kislotalardan tozalash uchun kerak bo'ladigan natriy karbonatning stexiometrik miqdori sarflanishi muhim ahamiyat kasb etmaydi, chunki natriy geksafluorsilikatning eruvchanligi natriy fluorid va sulfatlar eruvchanligidan kamdir. Shuning uchun eritmadagi geksafluorsilikat kislota bu tuzlardan Na_2SiF_6 tarzida quyidagi sxema bo'yicha cho'ktiriladi:



Tozalangan kislota tarkibida oz miqdorda H_2SO_4 , NaF hamda HF konsentratsiyasi va haroratga bog'liq holda juda oz miqdorda Na_2SiF_6 bo'ladi. Na_2SiF_6 miqdori uning eruvchanligidan biroz ko'proq miqdorda bo'ladi.

Fluorid kislota (H_2SiF_6 va Na_2SiF_6 bo'lmagan) olish maqsadida pech gazi HF ni absorbsiyalash jarayoniga qadar SiF_4 ni K_2SO_4 eritmasiga yutdirish yo'li bilan tozalanadi.

1 tonna 100% li HF olish uchun: 2,55 tonna flyuorit (100% CaF_2), 3,75 tonna sulfat kislota (100% H_2SO_4) sarflanadi.

Nazorat uchun savollar

1. Vodorod fluorid va fluorid kislota qanday maqsadlarda ishlatiladi?
2. Fluorid va geksafluorsilikat kislotalarning fizik-kimyoviy xossalari
3. Fluorid kislota ishlab chiqarish usullarini ayting.
4. Vodorod fluorid va fluorid kislota ishlab chiqarish jarayonini tushuntiring.
5. Suyuq (100% li) vodorod fluorid va fluorid kislota olish texnologiyasini tushuntiring.

ADABIYOTLAR

1. Shamshidinov I.T., Mirzakulov X.Ch. Sulfat kislota ishlab chiqarish nazariyasi va texnologik hisoblari. – Toshkent: Iqtisod-Moliya, 2017. – 248 b. (Darslik)
2. Shamshidinov I. Noorganik moddalar va mineral o'g'itlar texnologiyasi. – T.: Iqtisod-moliya, 2014. – 324 b. (Darslik)
3. A Textbook of Inorganic Chemistry – Volume 1/ Mandeep Dalal (First Edition) Copyright © 2017 by Mandeep Dalal. All Rights Reserved First published: 2017.
4. Химическая технология неорганических веществ: В 2 кн. Кн. 1. Учебное пособие / Т.Г. Ахметов, Р.Т. Порфирьева, Л.Г. Гайсин и др.; Под ред. Т.Г. Ахметова. – М.: Высшая школа, 2002. – 688 с.
5. Химическая технология неорганических веществ: В 2 кн. Кн. 2. Учебное пособие / Т.Г. Ахметов, Р.Т. Порфирьева, Л.Г. Гайсин и др.; Под ред. Т.Г. Ахметова. – М.: Высшая школа, 2002. – 533 с.
6. Васильев Б.Т., Отвагина М.И. Технология серной кислоты. – М.: Химия, 1985. – 472 с.
7. Амелин А.Г. Технология серной кислоты. – М.: Химия, 1983.
8. Sulfuric Acid Manufacture: analysis, control and optimization – Matt King, Michael Moats, William G., USA, 2013.
9. Otaq'oziev T.A., Axmerov Q.A., Turobjonov S.M. Umumiy kimyoviy texnologiya. – T.: NISO POLIGRAF, 2013. – 599 b. (Darslik)
10. Соколов Р.С. Химическая технология. Учебное пособие для ВУЗов. Т.1. – М.: Гум. изд. центр. «Владос», 2000. – 300 с.
11. Кондауров, Б. И. Общая химическая технология: учебное пособие / Б.И. Кондауров, В. И. Александров, А. В. Артемов. – Москва : Издательский центр «Академия», 2005. – 336 с.
12. Общая химическая технология: учебник: в 2 т. Т. 1: Теоретические основы химической технологии / И.П. Мухленов и [др.]; под ред. И.П. Мухленова. – 5-е изд., стер. – Москва: ООО «Издательский дом Альянс», 2009. – 256 с.
13. Общая химическая технология: учебник: в 2 т. Т. 2: Важнейшие химические производства / И.П. Мухленов и [др.]; под ред. И.П. Мухленова. – 5-е изд., стер. – Москва: ООО «Издательский дом Альянс», 2009. – 263 с.
14. Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М.Г. Общая химическая технология. – М.: Высшая школа, 1990.
15. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник / А. Г. Касаткин. – 15-е изд., стер. – Москва : ООО «ИД Альянс», 2009. – 753 с.
16. Процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие / [А.А. Захарова и др.]; под ред. А.А. Захаровой. – Москва: Издательский центр «Академия», 2006. – 528 с.

17. Кафаров В.В., Ветохин В.П. Основы автоматизированного проектирования химических производств. – М.: Наука, 1987.
18. Справочник азотчика. Производство разбавленной и концентрированной азотной кислоты; Производство азотных удобрений... – М.: Химия, 1987. – 464 с.
19. Kattayev N. Kimyoviy texnologiya. – Т.: «Yangiyul polygraph service» MCHJ, 2008. – 432 b.
20. Shamshidinov I. Noorganik moddalar va mineral o'g'itlar texnologiyasi. – Т.: Ilm-ziyo, 2015. – 400 b. (O'quv qo'llanma)
21. Исматов А.А., Отакузиев Т.А., Исмоилов Н.П., Мирзаев Ф.М. Неорганик материаллар кимёвий технологияси. – Т.: «Ўзбекистон», 2002.
22. World Fertilizer trends and Outlook to 2018. Food and Agriculture Organization of the Unated Nations. Rome, FAO, 2015. – P. 55.
23. Бейтс Р. Определение pH: Теория и практика. – Л.: «Химия», 1968. – 400 с.
24. Brahma Mishra. Fertilizer Technology and Management. – Pantnagar, Utranchal: I K International Publishing House Pvt. Ltd, 2012. First Edition edition. – 196 pages.
25. Позин М.Е. Технология минеральных удобрений: Учебник для вузов. – Л., Химия, 1989. – 352 с.
26. G'afurov Q., Shamshidinov I. Mineral o'g'it ishlab chiqarish nazariyasi va texnologik hisoblari. – Т.: Fan va texnologiya, 2010. – 360 b.
27. G'afurov Q., Shamshidinov I. Mineral o'g'itlar va tuzlar texnologiyasi. – Т.: Fan va texnologiya, 2007. – 352 b.
28. Халитов А.Х., Розин В.И. О необходимости исключения фтора из состава минеральных удобрений / В кн. Интенсификация сельскохозяйственного производства и проблемы защиты окружающей среды. – М.: Наука, 1980. – 296 с.
29. Кочетков С.П. Смирнов Н.Н., Ильин А.П. Концентрирование и очистка экстракционной фосфорной кислоты. – Иваново: ГОУВПО Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2007. – 304 с.
30. Исроилов Ж. Саноатнинг энг мухим тармоклари технологияси асослари. – Т.: Ўқитувчи, 1978.
31. Нифталиев С.И. Расчеты материальных и тепловых балансов в технологии неорганических веществ: учебное пособие / С.И. Нифталиев, А.В. Астапов, С.Е. Плотникова. – Воронеж: Воронежский гос. ун-т инженерных технологий, 2014. – 52 с.
32. Расчеты по технологии неорганических веществ / Под ред. М.Е.Позина / Учебное пособие. – Л.: Химия, 1977.

GLOSSARIY

1. **Sulfat kislota yoki kuporos moyi** (H_2SO_4) – kimyo sanoatining asosiy mahsulotlaridan biri hisoblanadi hamda undan mineral o'g'itlar, turli xildagi mineral tuzlar va kislotalar, organik mahsulotlar va bo'yoqlar ishlab chiqarishda, neftni qayta ishlash, metallurgiya, metallarni qayta ishlash, to'qimachilik, charm va boshqa sanoatlarda, neytrallash jarayonida, metallarni tozalashda va boshqa bir qancha maqsadlarda, foydalaniladi.

2. **Oleum yoki tutovchi sulfat kislota** ($\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) – sulfat angidridning sulfat kislota-dagi eritmasi bo'lib, uni tarkibidagi erkin sulfat angidridning (100% H_2SO_4 dan yuqori) yoki SO_3 ning umumiy foiz miqdori bilan tavsiflanadi.

3. **Minorali kislota** – sulfat kislota ishlab chiqarishda sulfit angidridni oksidlash jarayoni gaz yoki suyuq holatdagi katalizator ishtirokida amalga oshiriladi.

4. **Kontaktli kislota** – sulfat kislota ishlab chiqarishda sulfit angidridni oksidlash jarayoni qattiq holatdagi katalizator ishtirokida amalga oshiriladi.

5. **Sulfit angidrid yoki oltingugurt qo'shoksidi** (SO_2) – odatdagi haroratda ko'zning shilliq pardalari va nafas olish organlarini zararlaydigan o'tkir xidli rangsiz gaz bo'lib, ishlab chiqarishda oltingugurt yoki metall sulfidlarini oksidlanishi natijasida hosil qilinadi.

6. **Sulfat angidrid yoki oltingugurt trioksid** (SO_3) – odatdagi sharoitda rangsiz gazdir, u havodagi namlikni tortib olib tutaydi va havoda muallaq holatdagi sulfat kislota tomchilarini hosil qiladi. Sulfit angidridni katalitik oksidlash natijasida sulfat angidrid hosil qilinadi.

7. **Pirit yoki temir kolchedani** – tarkibida temir disulfid (FeS_2) tutgan xomashyo bo'lib, sulfat kislota ishlab chiqarish uchun keng ko'lamda ishlatiladi. Tabiiy temir kolchedani tarkibida FeS_2 dan tashqari mis, rux, qo'rg'oshin, mishyak, nikel, kobalt, selen, vismut, tellur, kadmiy birikmalari, kalsiy va magniy karbonatlari va sulfatlari, oz miqdorda oltin va kumush kabi qo'shimchalar bo'ladi.

8. **Ko'mirli kolchedan** – ko'mir qazib olishda ko'mir qatlamlari orasida bo'ladigan va uni boyitishda ajratib olinadigan temir

kolchedanidan iborat ko'mirli kolchedan ham olinadi, u ham sulfat kislota ishlab chiqarish uchun xomashyo vazifasini o'tashi mumkin.

9. Elementar oltingugurt yoki oltingugurt bug'i (S_8 , S_6 , S_2 va S) – tabiiy rudalardan, shuningdek sulfit angidrid yoki vodorod sulfid tutgan gazlardan olinadi, u sulfat kislota ishlab chiqarish uchun eng yaxshi turdagi xomashyolardan biri hisoblanadi. Elementar oltingugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarishda, sellyuloza-qog'oz sanoatida, qishloq xo'jaligida (qishloq xo'jaligi ekinlari zararkunandalariga qarshi kurashda) foydalaniladi. Bundan tashqari, elementar oltingugurt gugurt sanoatida, kauchukni vulkanlashda, sulfidli bo'yoklar va kimyo-farmatsevtika preparatlari olishda hamda pirotexnikada ishlatiladi.

10. Frash usuli – konlardagi tabiiy oltingugurt qaynoq suv bilan suyuqlantiriladi va qisilgan havo bilan yuzaga siqib chiqariladi.

11. Mis kolchedani – tarkibida temir va mis sulfidlari ($CuFeS_2$) bo'lgan xomashyo bo'lib, sulfat kislota ishlab chiqarish uchun keng ko'lamda ishlatiladi.

12. Rangli metallurgiya gazlari – Misli, ruxli, qo'rg'oshinli sulfidlaridan iborat rudalar va konsentratlar hamda boshqa rangli metallar tutgan rudalarni kuydirish jarayonida rangli metallar ajratib olish uchun qayta ishlashga keladigan qattiq qoldiq – kuyundidan ajraladigan chiqindi gazlar bo'lib, bu gazlar tarkibida sulfit angidrid bo'ladi va u sulfat kislota ishlab chiqarish uchun qimmatbaho xomashyo hisoblanadi.

13. Aglomeratsiya gazlari – qora metallurgiyaning yirik korxonalarda temir rudasi domna pechiga berilishdan oldin maxsus fabrikalarda aglomeratsiyalash (ruda shixtalarini metallurgik xossalarini yaxshilash uchun havo purkash orqali ularni yiriklashtirishning termik usuli amalga oshirish) paytida ruda tarkibidagi oltingugurt oksidlanib sulfit angidridga aylanishidan hosil qilinadigan gazlar aralashmasidir.

14. O'txona gazlari – o'choqlarda ko'mir yoqilganda ko'mirdagi oltingugurt ham yonadi va atmosferaga chiqarib yuboriladigan o'txona gazlari tarkibida anchagina SO_2 ham bo'ladi, uni tozalash natijasida ko'p miqdordagi sulfit angidrid ushlab qolinadi va undan sulfat kislota ishlab chiqarishda foydalaniladi.

15. Yonilg'i gazlari – Ko'pgina yoqilg'i gazlari (koks gazi, generator gazi, yo'ldosh gazlar, tabiiy gaz, neftni qayta ishlash gazlari) tarkibida anchagina miqdorda vodorod sulfid bo'ladi, u doimo gaz tarkibidagi zararli keraksiz qo'shimcha hisoblanadi. Tarkibida vodorod sulfid miqdori me'yoridan ko'p bo'lgan yoqilg'i gazlari, tarkibida yutuvchi moddalar (monoetanolamin, soda va boshqalar) bo'lgan eritmalar bilan qayta

ishlanadi (yuviladi). Yutuvchi eritmada vodorod sulfidni qizdirish orqali ajratiladi va bunda yuqori konsentratsiyali (90% gacha H_2S bo'lgan) vodorod sulfid olinadi. Vodorod sulfidli gazdan sulfat kislota yoki elementar oltingugurt ishlab chiqarishda foydalaniladi.

16. Gips – kalsiy sulfat kristallogidрати $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ bo'lib, uni ko'mir va gil bilan aralashmasi kuydiriladi va bunda kalsiy sulfatning qaytarilishi natijasida sulfat angidrid hosil bo'ladi.

17. Chiqindi kislotalar – neft mahsulotlarini tozalashda, organik moddalarni sulfolashda, suv tortib oluvchi modda sifatida va boshqa bir qancha maqsadlarda keng qo'llaniladigan sulfat kislota ishlatib bo'lingandan so'ng tarkibida ko'p miqdordagi H_2SO_4 bo'lgan chiqindi bo'lib, undan sulfat kislota ishlab chiqarishda foydalaniladi.

18. Yuvindi eritmaları – metallar sirtini tozalashda kislota eritmalaridan foydalaniladi va bunda hosil bo'ladigan chiqindi eritmalar yuvindi eritmaları deyiladi. Undan sulfat kislota ishlab chiqarishda foydalaniladi.

19. Alunitlar – sulfat kislota ishlab chiqarishning kelajakdagi xomashyolaridan biri alunitlar hisoblanib, toza alunit mineralining kimyoviy tarkibi $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 2Al_2O_3 \cdot 6H_2O$ formula bilan ifodalanadi. Alunitning gaz holatdagi qaytaruvchilar bilan ta'sirlashishi natijasida ajraladigan gaz tarkibidagi SO_2 miqdori hajm bo'yicha 75% ni (quruq gaz hisobida) tashkil qiladi, bu gaz havo bilan suyultiriladi va kontaktli usulda sulfat kislota ishlab chiqarish uchun ishlatiladi. Qattiq chiqindilar – glinozyom (Al_2O_3) alyuminiy ishlab chiqarishga yuboriladi, kaliy sulfatdan esa o'g'it sifatida foydalaniladi.

20. Kuyundi – kolchedan va boshqa oltingugurtli rudalar kuydirilganda kuyundi hosil bo'ladi, uning miqdori xomashyoning kimyoviy tarkibi va undagi oltingugurtning to'la yonishiga bog'liqdir.

21. Mexanik (taxmonli) pech – pechda maydalangan kolchedan bir necha taxmonlarda joylashtiriladi va uni eshkakchalari bilan bir taxmondan ikkinchisiga surish orqali aralashtirilgan holda yondiriladi.

22. Chang holatida kuydirish pechi – pechlarda kolchedan zarralari kamera taxmonlaridan tushish vaqtida yonadi.

23. Qaynovchi qatlamda kuydirish pechi – pechlarda pastki tomondan kiradigan havo bilan kolchedanning muallaq holatda ushlab turilishi ta'minlanadi va jadal aralashtirish orqali yondiriladi.

24. Siklonli pech – pechlarda kolchedan qaynoq havo bilan birgalikda katta tezlik bilan aylanma harakati orqali kuydiriladi va kuyundi maxsus tirqish orqali chiqarib olinadi.

25. To'zg'itilgan holatida oltingugurtning yoqish uchun pech – o'tga chidamli g'ishtlar bilan niqoblangan gorizontaal po'lat silindr ko'rinishida bo'ladi. Suyuqlantirilgan oltingugurt pechda joylashtirilgan ikkita forsunkalar orqali beriladi. Oltingugurtning yonishi uchun kerakli havoning asosiy qismi chig'anoq orqali beriladi, qo'shimcha (ikkilamchi) havo esa pech silindrining devoridagi tirqish orqali kiritiladi. Yonish mahsulotlarining ikkilamchi havo bilan yaxshi aralashishi uchun pechning ichki qismida ikkita to'siqlar bo'ladi. Pechni toblash oltingugurt uchun forsunkalar ostidagi neftli yoki gazli forsunka yordamida amalga oshiriladi.

26. Vertikal pech – pechga suyuqlantirilgan oltingugurt yuqoridan to'ldirgichga beriladi, u orqali suyuq oltingugurt oqib tushadi, bug'lanadi va xuddi shunday pechning yuqori qismidan beriladigan havo oqimida yonadi.

27. Vodorod sulfidni yoqish pechlari – bunday pech po'latdan tayyorlangan silindrik qozon ko'rinishida bo'ladi, uning ichki qismi o'tga chidamli g'ishtlar bilan niqoblangan (futerovka qilingan) bo'ladi. Pech ichidan bug' qozonlarining issiqlik almashtirgich quvurlari o'tkazilgan bo'ladi. Bu esa vodorod sulfidni yondirish jarayonining haroratini pasaytirib turishni, kuyundi gazida ko'p miqdorda SO_2 tutgan gaz olinishiga erishish uni oz miqdorda ortiqcha bo'lgan kislorod bilan o'tkazishni va ajraladigan reaksiya issiqligidan samarali foydalanishni ta'minlaydi.

28. Vodorod sulfid yonishining jadalligi – o'txona bo'shlig'ining quvvati bilan tavsiflanadi va 1 m^3 hajmdagi o'txonadan vaqt birligi ichida ajraladigan issiqlik miqdori bilan ifodalanadi.

29. Mexanik tozalash – gazni changdan mexanik tozalash uchun ishlatiladigan jihozlarning ishlash prinsipi og'irlik kuchining ta'siriga yoki markazdan qochma kuchga asoslangandir.

30. Markazdan qochma chang tutgich yoki siklon – markazdan qochma kuch ta'sirida gazlarni changdan va suyuqlik tomchilaridan tozalash uchun ishlatiladigan jihozlardir.

31. Tozalash koeffitsienti – tozalangan va iflos gazdagi chang miqdorlarining nisbati bo'lib, uning qiymati changdagi zarrachalar o'lchamiga bog'liqdir.

32. Elektrofiltirlar – gazlarni changdan elektrik tozalash jihozlari bo'lib, cho'ktiruvchi elektrodli quvur shaklida bo'lgan quvurli elektrofiltirlar va plastinkali elektrofiltirlar ishlatiladi.

33. Cho'ktiruvchi elektrod – yerga ulangan va sim to'ra bilan qoplangan quvur.

34. Tojsimon elektrod – 70000-100000 v kuchlanishli doimiy tok mashinasining manfiy qismiga ulangan elektrod bo'lib, sim atrofidagi gaz qatlamlari ionlashadi va yorituvchi qavat (toj) hosil bo'ladi.

35. Kontaktli usul – sulfat kislota ishlab chiqarishda sulfat angidridni oksidlash jarayoni qattiq holatdagi katalizator ishtirokida amalga oshiriladi, bu geterogen katalitik jarayon hisoblanadi.

36. Vanadiyli kontakt massa – sulfat kislota ishlab chiqarishda ishlatiladigan katalizatorlar bo'lib, BAV va SDV markali kontakt massalari ishlatiladi: BAV so'zining ma'nosi – kontakt massa tarkibiga kiradigan elementlar (bariy, alyuminiy va vanadiylar) ning bosh harflaridan iborat; SDV so'zi esa – sulfo-vanadat-diatomli ma'nosini anglatadi.

37. Oleumli (birinchi) absorber – kontakt jihozidan chiqadigan gazlar suyuqlik sifatida oleum taqsimlanadigan absorberga keladi, u vertikal po'lat silindr shaklida tayyorlangan to'ldirgichli skrubber ko'rinishida bo'lib, ostki qismida halqali panjara bo'ladi, unga to'ldirgichlar (po'lat yoki sopol halqachalar) joylashtirilgan bo'ladi.

38. Monogidratli (ikkinchi) absorber – bu absorber ham xuddi quritish minorasi kabi o'rnatilgan bo'lib, unga 98,3% li sulfat kislota suyuqligi taqsimlanadi. Monogidratli absorberning o'lchami va taqsimlash uchun beriladigan monogidrat miqdori odatda oleumli absorberdagi kabidir.

39. Oleumli va monogidratli yig'gichlar – po'latdan tayyorlangan va ularning ichki qismi kislotaga chidamli plitkalar bilan himoyalangan jihozlardir.

40. Kislota sovutgichlari – absorberlarda sulfat angidridni yutilishida ko'p miqdorda issiqlik ajraladi, u esa taqsimlanadigan kislotani qizib ketishiga olib keladi, uni sovutish uchun ishlatiladigan jihoz – kislota sovutgichi deyiladi.

41. Filtrlar – ko'pgina ishlab chiqarish korxonalarida gazni gaz purkash qurilmasidan qattiq zarrachalar va sulfat kislota bug'laridan tozalash uchun jihozlar bo'lib, ularni ko'pincha moy ajratgichlar deb ham ataladi.

42. Nam kataliz – sulfat gazi tarkibidagi SO_2 tarkibida anchagina miqdorda suv bug'lari bo'ladi, u vanadiyli katalizatorlarda sulfat angidridga oksidlanadi. Gazli aralashma keyinchalik kondensatorda sovutiladi, u yerda hosil bo'ladigan sulfat kislota bug'lari kondensatsiyalanadi. Bu usul

bo'yicha sulfat angidridni sulfat angidridga oksidlash suv bug'i ishtirokida amalga oshiriladi, shu sababli bu usul ho'l kataliz usuli deyiladi.

43. Nitrozali usul – sulfat angidrid olish, sulfat angidridning nitrozaga yutilishi, sulfat angidridni nitroza bilan oksidlash, nitrozaning azot oksidlaridan ajratish (denitratsiya), nitrozadan ajraladigan azot oksidlarini gaz fazasida oksidlash, azot oksidlarini sulfat kislotaga yutirish bosqichlaridan iborat bo'ladi (hozir paytda nitrozali usul bo'yicha ishlaydigan korxonalarda kameralar o'rnida minoralar o'rnatilgan, shuning uchun minorali usul ham deb ataladi).

44. Sulfat kislotani konsentrlash – bu jarayon qizdirilganda sulfat kislotasi eritmasidan namlikni yo'qotishdan iboratdir; ko'pchilik hollarda kislotasi qaynoq gazlar bilan qizdiriladi. Gazdan kislotaga issiqlik uzatish usuliga bog'liq holda konsentrlash uchun jihozlarni ikkita guruhga bo'lish mumkin: qaynoq gazlar va kislotasi to'g'ridan-to'g'ri to'qnashuvi bilan amalga oshadigan jihozlar hamda tashqi qizdirgichli jihozlar, ularda issiqlik to'siq orqali uzatiladi. To'siq orqali issiqlik uzatishda konsentrlash jarayoni atmosfera bosimida yoki vakuumda amalga oshiriladi.

45. Ishlab chiqarish nazorati – ishlab chiqarish nazoratining vazifasi o'rnatilgan rejim buzilishini o'z vaqtida aniqlash, ularni tezda to'g'rilash va jarayonning boshqa bosqichidagi me'yorlar buzilishini oldini olishdan iboratdir.

46. Davriy (qo'lda amalga oshiriladigan) nazorat – kimyoviy tahlil yo'llari orqali amalga oshiriladigan nazorat bo'lib, dastlab xomashyo, yarim mahsulotlar, mahsulotlardan namunalari olinadi, so'ngra namunalarni kimyoviy qayta ishlanadi, tegishli hisoblashlar bajariladi va hokazo. Shuning uchun ko'pchilik holatlarda kimyoviy tahlil natijalari namuna olingan vaqtdan bir necha soat keyin tayyor bo'ladi. Bu paytda barcha uzluksiz jarayonlarda o'rnatilgan maqbul (optimal) rejimga nisbatan texnologik rejim parametrlarining o'zgarishini o'z vaqtida aniqlash sulfat kislotasi olishda ham va uni konsentrlashda ham muhim ahamiyatga ega bo'ladi.

47. Avtomatik nazorat – bunday nazorat usulida o'lchashlar to'xtovsiz amalga oshiriladi. Avtomatik nazorat uskunalari nafaqat ko'rsatadi, balki ko'rsatkichni qayd etib boradi, shuningdek o'lchanadigan parametrlarning belgilangan qiymatidan og'ishi (chetlanishi) haqida signal uchun belgilangan impuls beradi. Bunda ko'rsatkich qayd etilishi uni o'lchanadigan joydan bir qadar uzoq masofada – distansiyali ham amalga oshirilishi mumkin. Bu esa nazorat maskanidan turib jarayonni boshqarish imkonini beradi.

48. Qarshilik termometrlari – ularning ishlash prinsipi metallar harorati o'zgarishi bilan ular elektr o'tkazuvchanligining o'zgarishiga asoslangandir. Qarshilik termometrlarining asosiy qismi ingichka (misdan, platinadan, mahsus qotishmadan tayyorlangan) sim hisoblanadi, ulaning bir uchi qarshilikni o'lchash uchun uskuna (logomer yoki qarshilik mosti) bilan ulangan bo'ladi; uskunaning o'lchash darajasi yuz gradusli darajaga tegishli bo'limlarga ajratilgan bo'ladi.

49. Ammiak NH_3 – normal bosim va haroratda rangsiz va o'tkir hidli gaz. Suyuq ammiak – rangsiz suyuqlik bo'lib, $-33,4^\circ\text{C}$ da qaynaydi. Ammiak qaytaruvchi xossani namoyon qiladi, suvda yaxshi eriydi va ammoniy gidroksid (NH_4OH) hosil qiladi. Ammiakning suvdagi 25% li eritmasi ammiakli suv yoki novshadil spirt nomi bilan yuritiladi. Ammiak o'g'it sifatida ishlatiladi, u tuproqqa suyuq holatda beriladi, shuningdek ammiakdan sovutgichlarda, metallurgiya sanoatida, plastmassalar, fotografiya materiallari preparatlari va boshqalar ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Ammiakning ko'p qismi turli xil azot tutgan o'g'itlar va nitrat kislota ishlab chiqarishda qayta ishlanadi, ulardan kimyo sanoatida ham, xalq xo'jaligining boshqa tarmoqlarida ham keng miqyosda foydalaniladi.

50. Nitrat kislota – muhim mineral kislotalardan biri hisoblanadi. Suvsiz nitrat kislota HNO_3 zichligi $1,52 \text{ g/sm}^3$ (15°C da) bo'lgan og'ir suyuqlik bo'lib, havoda tutaydi. U -47°C haroratda muzlaydi va 86°C da qaynaydi. Kislota qaynaganda qisman u azot(IV)-oksid hosil qilish bilan parchalanadi. Ajralib chiqadigan azot(IV)-oksid kaslotada eriydi va kislotani sarg'ish yoki qizg'ish rangga (NO_2 miqdoriga muvofiq) bo'yaydi. Nitrat kislota suv bilan har qanday nisbatda aralashadi va gidratlar ($\text{HNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{HNO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ va x.k.) hosil qiladi.

51. Atmosfera azotini bog'lash usullari – sanoatda atmosfera azotini bog'lashning bir necha usullari mavjud: atmosfera azotini elektr yoyida oksidlash (yoy usuli); kalsiy karbiddan kalsiy sianamid olish (sianamid usuli); elementlardan ammiak sintez qilish (ammiakli usul). Ular orasida eng iqtisodiy samarador usul ammiak sintezidir va hozirgi paytda bog'langan azotning 95% miqdori shu usul bilan olinadi.

52. Gipofosfit kislota H_3PO_2 yoki $\text{H}(\text{H}_2\text{PO}_2)$ – bir negizli kuchli kislota hisoblanadi, gigroskopik oq kristallardan iborat bo'ladi va suvda yaxshi eriydi. Parchalanish mahsulotlarining tarkibida, shuningdek, fosfit kislota, elementar fosfor va boshqalar bo'lishi mumkin. Gipofosfit kislota – kuchli qaytaruvchi va hattoki xona haroratida ham parchalanib vodorod va fosfit kislotaga aylanadi. Gipofosfit kislota uning tuzlari – gipofosfitlar

(konsentrlangan ishqor eritmalarini fosfor bilan qo'shib qizdirish orqali olingan mahsulot) ga mineral kislotalarni ta'sir ettirib hosil qilinadi.

53. Fosfit kislota H_3PO_3 yoki $H_2(HPO_3)$ – P_2O_3 ni suv bilan ta'sirlashishi natijasida yoki fosforning nam havoda juda sekin oksidlanishi natijasida, shuningdek, gipofosfit kislotani havo kislorodi ta'sirida oksidlash natijasida hosil qilinadi. Toza fosfit kislota – rangsiz kristall bo'lib, havoda tutaydi va suvda yaxshi eriydi.

54. Metafosfit kislota HPO_2 yoki $P_2O_3 \cdot H_2O$ fosfit anhidridga stexiometrik nisbatdagi suv ta'sir ettirish yoki vakuum sharoitida fosfinni chala oksidlanishi natijasida mayda kristallar ko'rinishida hosil qilinadi. Havoda va ayniqsa, namlik ta'sirida, metafosfat kislota xuddi fosforning boshqa quyi oksikislotalari singari parchalanadi va fosfit hamda fosfat kislotalariga aylanadi.

55. Gipofosfat kislota H_2PO_3 yoki $H_4P_2O_6$ elementar fosforning nam havoda sekinlik bilan oksidlanishi natijasida hosil bo'ladi. Uni fosfit kislotani fosfat kislotaga oksidlanishining oraliq jarayon mahsuloti deb tasavvur etish mumkin. Gipofosfat kislota suvsiz va digidrat holatidagi kristallar hosil qiladi. Suvsiz $H_4P_2O_6$ – oq kristall modda bo'lib, suvda yaxshi eriydi.

56. Fosfat yoki ortofosfat kislota yohud termik fosfat kislota (TFK) H_3PO_4 – toza holatdagi ortofosfat (yoki soddaroq aytilganda fosfat) kislota rangsiz prizmatik kristall bo'lib, suvda yaxshi eriydi. Odatda uni quyuq, moysimon suyuqlik holatida olinadi, undan sovutish orqali kristall mahsulot ajratib olinadi. Ko'p hollarda kristallanish faqatgina kristallantiruvchi qo'shimcha qo'shilgandagina amalga oshadi.

57. Polifosfat kislotalar – fosfat anhidridning suv bilan bosqichli ta'sirlashuvi – gidratlanish darajasi bilan farqlanadigan bir qator fosfat kislotalari hosil bo'lishi bilan boradi. Fosfat anhidridning 5 ta asosiy gidratlari: ortofosfat kislota H_3PO_4 ($P_2O_5 \cdot 3H_2O$), pirofosfat kislota $H_4P_2O_7$ ($P_2O_5 \cdot 2H_2O$), tripolifosfat kislota $H_5P_3O_{10}$ ($3P_2O_5 \cdot 5H_2O$), tetrapolifosfat kislota $H_6P_4O_{13}$ ($2P_2O_5 \cdot 3H_2O$), metafosfat kislota $(HPO_3)_n$ ($P_2O_5 \cdot H_2O$) mavjuddir.

58. Ekstraksion fosfat kislota (EFK) – tabiiy fosfatlarning sulfat kislotali parchalanishi bo'yicha boradigan reaksiyaga va keyingi bosqichda suyuq fazadan sulfatli cho'kmani ajratib olishga asoslangan usul – ekstraksiyal yoki ho'l usul deyiladi. Bunda olingan mahsulot ekstraksion fosfat kislota deb yuritiladi. Bu keng tarqalgan fosfat kislota olish usuli mineral o'g'itlar, ozuqali va termik fosfatlar ishlab chiqarishda ishlatiladi.

59. Tok bo'yicha unum η – ma'lum miqdordagi elektr energiyasi sarflanishi natijasida elektrolizda olingan moddaning miqdori G_a ni Faradey qonuniga muvofiq olinishi mumkin bo'lgan moddaning miqdori G_n ga nisbatidir.

60. Energiyadan foydalanish koeffitsienti μ – mahsulot birligi ajrab olish uchun kerak bo'ladigan energiya miqdori ω_n ni haqiqatda sarflangan energiya miqdori ω_a ga nisbatini ifodalaydi.

61. Vodorod xlorid – rangsiz gaz bo'lib, $-114,2^{\circ}\text{C}$ haroratda suyuqlanadi va -85°C haroratda qaynaydi. Vodorod xlorid suvda juda yaxshi eriydi va bunda anchagina miqdorda issiqlik ajralib chiqadi. Sanoatda vodorod xlorid ham, xlorid kislota ham ko'p ishlatiladi. Vodorod xlorid organik birikmalar: etilen (etil xlorid olish uchun), asetilen (vinil xlorid olishda), etilen oksid (etilen xloridrin) kabilarni gidroxlrlashda va boshqa organik xlorli birikmalar sintezida ko'p miqdorda ishlatiladi. Xlorid kislota rux, bariy va boshqa noorganik tuzlar ishlab chiqarishda, rangli metallurgiyada, galvanotexnikada, monovinilasetilen (xlorpren olishda), asetilen (vinilxlorid olishda) kabilarni gidroxlrlashda, anilin bo'yoqlari ishlab chiqarishda, kraxmal gidrolizida (spirt olishda) va boshqa ishlab chiqarish tarmoqlarida ishlatiladi.

62. Vodorod ftorid HF rangsiz, $19,9^{\circ}\text{C}$ da ($101,3\text{ kPa}$ da) qaynaydi, $-83,1^{\circ}\text{C}$ da suyuqlanadi. Gazsimon, suyuq va qattiq holatida bo'ladi. HF molekularining o'ziga xos xususiyati – bu uning assotsiyanlashga moyilligidir.

63. Ftorid (plavik) kislota – vodorod ftorid suvda yaxshi eriydi, uning suvli eritmasi HF(aq) ftorid (plavik) kislota deyiladi. Ftorid kislota suvli eritmalarda gidroftorid (diflorogidrogenat) HF_2^- ionlari hosil qilgan holda dissotsilanadi. HF ishqoriy metallarning ftoridlari bilan $\text{MeF}\cdot n\text{HF}$ turidagi kristall birikmalar hosil qiladi, bunda masalan, KF uchun $n = 2, 3$ va 4 ga teng.

64. Kremniy tetraftorid SiF_4 – rangsiz gaz, sovutilganda to'g'ridan-to'g'ri qattiq fazaga o'tadi. Qattiq holatdagi SiF_4 $-94,8^{\circ}\text{C}$ da haydaladi. Kremniy tetraftorid suvga yaxshi (1 hajm suvga 265 hajm) yutiladi, bunda gidrolizlanib, geksaftorsilikat va silikat kislotalarni hosil qiladi.

65. Geksaftorsilikat (kremneftorid, ftorosilikat) kislota H_2SiF_6 ftorid kislota SiF_4 ning erishi natijasida hosil bo'ladi. Geksaftorsilikat kislota – konsentrlangan suvli eritmalaridan 19°C da suyuqlanadigan rangsiz $\text{H}_2\text{SiF}_6\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ kristallari shaklida ajraladi. Bug'lari HF va SiF_4 ga kuchli dissotsilanadi.

MUNDARIJA

bet

SO'ZBOSHI	3
KIRISH	5
I-bob. SULFAT KISLOTA, OLEUM VA SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISHDAGI ORALIQ MAHSULOTLARNING XOSSALARI	6
1- §. Sulfat kislota va uni ishlab chiqarish tarixi haqida	6
2- §. Sulfat kislota va oleumning xossalari	8
3- §. Sulfat kislota ishlab chiqarishdagi oraliq mahsulotlar xossalari	14
4- §. Sulfat kislota navlari, uni saqlash va tashish	17
<i>Nazorat uchun savollar</i>	<i>20</i>
II-bob. SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISH XOMASHYOLARI	21
1- §. Xomashyolar. Oltingugurt kolchedanlarining tarkibi va turlari	21
2- §. Oltingugurt va uning xossalari. Tabiiy rudalardan oltingugurtning olinishi	24
3- §. Rangli metallurgiya va aglomeratsiya gazlari. O'txona va yonilg'i gazlari. Sulfatli xomashyolar	32
<i>Nazorat uchun savollar</i>	<i>36</i>
III-bob. OLTINGUGURTLI XOMASHYOLARNI KUYDIRISH	37
1- §. Oltingugurtli xomashyolarni kuydirishning fizik-kimyoviy asoslari	37
2- §. Kolchedanni kuydirish pechlari	49
3- §. Kolchedanni kuydirishdagi pech bo'linmasining moddiy va issiqlik balansi	61
4- §. Oltingugurt va gazsimon xomashyolarni yoqish pechlari.....	65
5- §. Kuyundi gazlarini changdan tozalash	70
6- §. Konsentrlangan sulfat anhidrid olish	90
<i>Nazorat uchun savollar</i>	<i>99</i>
IV-bob. SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISHNING KONTAKT USULI	101
1- §. Sulfat anhidridni sulfat anhidridga oksidlash	101
2- §. Sulfat anhidridni absorbsiyalash	125

3- §.	Olingugurt va boshqa xomashyolardan kontakt usulida sulfat kislota ishlab chiqarish	138
	<i>Nazorat uchun savollar</i>	149
V-bob.	SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISHNING NITROZALI US'LI	151
1- §.	Sulfit angidridni nitrozali katalitik oksidlash	151
2- §.	Minorali tizimning texnologik tartibi (rejimi)	166
	<i>Nazorat uchun savollar</i>	176
VI-bob.	SULFAT KISLOTANI KONSENTRLASH	177
1- §.	Sulfat kislota konsentrlashning fizik-kimyoviy asoslari ...	177
2- §.	Sulfat kislota konsentrlash	181
	<i>Nazorat uchun savollar</i>	191
VII-bob.	SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISHDAGI JARAYONLAR NAZORATI, AVTOMATIK BOSHQARISH TIZIMI VA HAYOTIY FAOLIYAT XAVFSIZLIGI	192
1- §.	Ishlab chiqarish nazorati	192
2- §.	Sulfat kislota ishlab chiqarishda jarayonni avtomatik boshqarish	197
3- §.	Sulfat kislota ishlab chiqarishda hayotiy faoliyat xavfsizligi	211
4- §.	Sulfat kislota ishlab chiqarishda kimyoviy energiyadan foydalanish	216
	<i>Nazorat uchun savollar</i>	220
VIII-bob.	NITRAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISH NAZARIYASI VA TEXNOLOGIK HISOBLARI	222
1- §.	Havodan azot va kislorod olish	222
2- §.	Atmosfera azotini bog'lash usullari	226
3- §.	Nitrat kislota ishlab chiqarish	228
	<i>Nazorat uchun savollar</i>	246
IX-bob.	FOSFAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISH NAZARIYASI VA TEXNOLOGIK HISOBLARI	247
1- §.	Fosforning kislorodli birikmalari	247
2- §.	Fosfat kislota va uning xossalari	249
3- §.	Elektrotermik usulda fosfat kislota ishlab chiqarish	260
4- §.	Ekstraksiya fosfat kislota ishlab chiqarish	280
5- §.	Markaziy Qizilqum fosforitlaridan florsizlangan ekstraksiya fosfat kislota olish	309
6- §.	Fosfat kislota konsentrlash	313

<i>Nazorat uchun savollar</i>	319
X-bob. XLORID KISLOTA ISHLAB CHIQUARISH NAZARIYASI VA TEXNOLOGIK HISOBLARI	322
1- §. O'yuvchi natriy, xlor va vodorod ishlab chiqarish	322
2- §. Xlorid kislota ishlab chiqarish	331
<i>Nazorat uchun savollar</i>	334
XI-bob. FTORID KISLOTA ISHLAB CHIQUARISH NAZARIYASI VA TEXNOLOGIK HISOBLARI	335
1- §. Ftorid va geksaftorsilikat kislotalarning fizik-kimyoviy xossalari	336
2- §. Ftorid kislota ishlab chiqarish	339
<i>Nazorat uchun savollar</i>	346
ADABIYOTLAR	347
GLOSSARIY	349

SHAMSHIDINOV I.T.

NOORGANIK KISLOTALAR ISHLAB CHIQUARISH NAZARIYASI VA TEXNOLOGIK HISOBLARI

Muharrir M.Tafipova
Tex. muharrir N.Niyazova
Sahifalovchi B.Haydarov

Bosishga ruxsat etildi 19.04.2022.
Qog'oz bichimi 60x84/16. TIMES garniturası,
Shartli bosma tabog'i 22,5. Nashr tabog'i 18,9
Adadi 500. Buyurtma № 19-04

«LESSON PRESS» MCHJ nashriyoti
100071, Toshkent sh., Komolon, Erkin tor ko'chasi, 13

«IMPRESS MEDIA» MCHJ bosmaxonasida chop etildi.
Manzil: Toshkent sh. Qushbegi ko'chasi, 6-uy.



Shamshidinov Israiljon Turgunovich

1961 yil Namangan viloyati Uchqo'rg'on tumanida tug'ilgan. Namangan muhandislik-qurilish instituti «Kimyoviy texnologiya» kafedrası professori, texnika fanları doktori, professor. Uning 280 dan ortiq ilmiy-uslubiy ishlari, shu jumladan 210 dan ortiq ilmiy maqolalari va 55 dan ortiq uslubiy ishlari chop ettirilgan hamda 15 ta ixtirosi uchun patentlar olingan. U oliy ta'limining bakalavriat va magistratura bosqichlari hamda o'rta maxsus va

kasb-hunar ta'limi talabalari uchun chop etilgan 5 ta darslik hamda 3 ta o'quv qo'llanma muallifidir. O'zbekiston Respublikasi «Iste'dod» jamg'armasining «Yilning eng yaxshi darsligi va o'quv qo'llanmasi muallifi» tanlovlarida «Mineral o'g'it ishlab chiqarish nazariyasi va texnologik hisoblari» darsligi uchun I-darajali diplom, «Mineral o'g'itlar va tuzlar texnologiyasi» darsligi uchun II-darajali diplom, «Murakkab o'g'itlar ishlab chiqarish nazariyasi va texnologik hisoblari» darsligi uchun III-darajali diplom bilan taqdirlangan. 2011 yilda «O'zbekiston Respublikasi mustaqilligiga 20 yil» hamda 2017 yilda «O'zbekiston Respublikasi konstitutsiyasiga 25 yil» esdalik nishonlari bilan taqdirlangan. O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligining «Best IP-2019» va «Best IP-2021» – eng yaxshi intellektual mulk ob'ektlari uchun tanlovlarining «Eng yaxshi ixtiro» nominatsiyasi bo'yicha ikki marta I-darajali diplomlar bilan taqdirlangan. 2020-yilda «Sog'lom turmush» medali bilan taqdirlangan.

ISBN 978-9943-8189-1-0



9 789943 818910