

**I. T. SHAMSHIDINOV
X. CH. MIRZAKULOV**

**SULFAT KISLOTA
ISHLAB CHIQRARISH
NAZARIYASI VA
TEXNOLOGIK HISOBLARI**



35.20

2

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

I.T. SHAMSHIDINOV, X.CH. MIRZAKULOV

**SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQRISH
NAZARIYASI VA TEXNOLOGIK
HISOBLARI**

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim
vazirligi tomonidan oliy o'quv yurtlari talabalari
uchun darslik sifatida tavsiya etilgan*

5

**TOSHKENT
«IQTISOD-MOLIYA»
2017**

TerDU ARM
№ 31884

1

UO'K 661.25(075.8)
KBK 35.20

Taqrizchilar: *t.f.d., prof. Sh.S.Namazov;*
t.f.n., dots. Z.To'rayev

Sh 22 Shamshidinov I.T.

Sulfat kislota ishlab chiqarish nazariyasi va texnologik hisoblari
Darslik / I.T.Shamshidinov, X.Ch.Mirzakulov, O'zbekiston Respublikasi Oliy
va o'rta maxsus ta'lim vazirligi. – T.: «Iqtisod-Moliya», 2017. – 248 b
Mirzakulov X.Ch.

Mazkur darslik oliy o'quv yurtlarining 5A320401 – Noorganik moddalar kimyoviy texnologiyasi mutaxassisligi talabalari uchun mo'ljallangan. Undan, shuningdek, 5A111001 – Kasb ta'limi (5320400-Kimyoviy texnologiya) mutaxassisligi hamda mutaxassisligi yuqorida ko'rsatilgan yo'nalishlarga muvofiq keladigan bakalavriat bosqichi talabalari, kasb-hunar kolleji o'qituvchilari, sulfat kislota va noorganik moddalar ishlab chiqarish bilan shug'ullanuvchi muhandis-texnik xodimlar ham o'z faoliyatlarida foydalanishlari mumkin.

Darslik 7 bobdan iborat, undagi ma'lumotlar tegishli magistratura mutaxassisliklari o'quv rejaları va dasturlari asosida yozilgan bo'lib, unda sulfat kislota 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. Sulfat kislota ishlab chiqarish texnologiyasining umumiy ilmiy asoslarini sulfat kislota ishlab chiqarish xomashyolari, xomashyolarni kuydirish, kuyundi gazlarini changdan tozalash, sulfat kislota ishlab chiqarishning kontakt va nitrozali usullari, kislota konsentrlash, ishlab chiqarish jarayonidagi nazorat, avtomatik boshqarish tizimi va hayotiy faoliyat xavfsizligi bilan uyg'unlashgan holda ko'rsatib o'tilgan.

UO'K: 661.25(075.8)
KBK: 35.20/ya722

ISBN 978-9943-13-645-8

© «IQTISOD-MOLIYA», 2017
© Shamshidinov I.T., Mirzakulov X.Ch., 2017

SO‘ZBOSHI

«Kadrlar tayyorlash milliy dasturi»ni ro‘yobga chiqarishda ta‘lim muassasalarini malakali pedagog kadrlar bilan to‘ldirish, ularning faoliyatida raqobatga asoslangan muhitni vujudga keltirish, ta‘lim muassasalarining moddiy-texnika va axborot bazasini mustahkamlash, o‘quv-tarbiya jarayonini yuqori sifatli o‘quv adabiyotlari va ilg‘or pedagogik texnologiyalar bilan ta‘minlash ishlariga alohida urg‘u berilgan. Shu maqsadda barcha oliy ta‘lim muassasalarida zamonaviy usul, texnika va texnologiya yangiliklarini e‘tiborga olgan holda darsliklar va o‘quv qo‘llanmalari tayyorlashga kirishildi.

O‘zbekistonning mustaqil taraqqiyot strategiyasini, o‘zbek xalqining buyuk davlat barpo etish borasidagi maqsad-muddaolarini, milliy istiqlol mafkurasining mohiyatini talabalar ongiga singdirishda, ta‘lim-tarbiya, targ‘ibot va tashviqotning samarali usul va vositalaridan oqilona foydalanishni taqozo etadi. Bunday vazifalardan biri o‘quv dasturlari, darsliklar va qo‘llanmalarda milliy istiqlol mafkurasini g‘oyalarini teran aks ettirish hisoblanadi. Qo‘yilgan vazifalardan kelib chiqqan holda, zamonaviy texnika va texnologiyalarni ishlatish yoki yosh avlodga milliy istiqlol g‘oyasini yetkazish uchun jahon standartlari darajasidagi fan va texnika hamda ilg‘or tajriba va texnologiyalarning eng so‘nggi yutuqlaridan boxabar bo‘lgan, raqobatbardosh, o‘z sohasini ham ilmiy, ham amaliy bilgan muhandis va muhandis-pedagog kadrlarni tayyorlashda 5A320401 – Noorganik moddalar kimyoviy texnologiyasi va 5A111001 – Kasb ta‘limi (5320400 – Kimyoviy texnologiya) mutaxassisliklari «Mutaxassislik fanlari» blokining asosiy fanlaridan biri bo‘lgan «Sulfat kislota ishlab chiqarish nazariyasi va texnologik hisoblari» fanini chuqur o‘rganish muhim ahamiyatga egadir. Shundan kelib chiqqan holda, mazkur darslik oliy ta‘limning magistraturasida o‘qitiladigan «Sulfat kislota ishlab chiqarish nazariyasi va texnologik hisoblari» fanining amaldagi dasturlari asosida tayyorlandi.

Darslikdagi materiallar respublikamizning sulfat kislota ishlab chiqarish sanoati korxonalarining istiqbolli yo'nalishlarini hisobga olgan holda yoritilgan bo'lib, unda sulfat kislota 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. Sulfat kislota ishlab chiqarish texnologiyasining umumiy ilmiy asoslarini sulfat kislota ishlab chiqarish xomashyolari, xomashyolarni kuydirish, kuyundi gazlarini changdan tozalash, sulfat kislota ishlab chiqarishning kontakt va nitrozali usullari, kislotani konsentrlash, ishlab chiqarish jarayonidagi nazorat, avtomatik boshqarish tizimi va hayotiy faoliyat xavfsizligi bilan uyg'unlashgan holda ko'rsatib o'tilgan. Har bir bob oxirida mavzuga tegishli bo'lgan nazorat uchun savollar keltirilgan. Ulardan talabalarning «Sulfat kislota ishlab chiqarish nazariyasi va texnologik hisoblari» fani bo'yicha o'zlashtirgan bilimlarini nazorat qilishda foydalanish mumkin.

KIRISH

Sulfat kislota – kimyo sanoatining asosiy mahsulotlaridan biri hisoblanadi. U mineral o‘g‘itlar, turli xildagi mineral tuzlar va kislotalar, organik mahsulotlar, bo‘yoqlar va boshqalarni 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, neytrallash jarayonida, metallarni tozalashda va boshqa bir qancha maqsadlarda foydalaniladi.

Sulfat kislota qadimdan ma‘lum bo‘lgan moddadir. Fors alkimyogari Abu Bakr Alrases asarlarida (940-y.) ham u haqida ma‘lumotlar 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 asrning ikkinchi yarmida ichki qismi suv bilan namlangan katta hajmdagi idishlarda oltingugurt va selitrani yondirish orqali tibbiyot maqsadlari uchun sulfat kislota olish yo‘lga qo‘yilgan edi.

Sulfat kislota ishlab chiqarish bo‘yicha birinchi zavod 1740-yilda Angliyada qurilgan. Bunda oltingugurt va selitra aralashmasi metall idishlarda qizdirilgan, buning natijasida hosil bo‘ladigan gazlar aralashmasi shisha jihozlarda suvga yuttirilgan. 1746-yilda bu maqsad uchun qo‘rg‘oshinli kamera ishlatilgan, shundan so‘ng sulfat kislota ishlab chiqarishning ushbu usuli kamerali usul deb atala boshlangan. Boshlang‘ich aralashmani yondirish natijasida hosil bo‘ladigan sulfit angidrid va azot oksidlari kamera tubiga quyilgan suvda yutilishi natijasida sulfat kislota hosil qiladi. Kameradagi gaz qoldiqlari yo‘qotilgandan so‘ng unda navbatdagi aralashma yondiriladi va shu yo‘l bilan kerakli konsentratsiyadagi kislota olinadi. Keyinchalik kamerada suv bug‘i ishlatish va jarayonni uzluksiz amalga oshirish taklif etildi.

XIX asr boshlarida oltingugurtning alohida pechlarda yondirish, azot oksidlarini esa selitrani sulfat kislotasi bilan parchalash orqali olish yoʻliga qoʻyildi.

Sulfat kislotasi ishlab chiqarish usuli yildan yilga takomillashib bordi, buning natijasida mahsulot tannarxi kamaytirildi, ayniqsa 1837-yildan boshlangʻich xomashyo sifatida oltingugurt oʻrniga oltingugurt kolchedani ishlatila boshlandi. Qoʻrgʻoshinli kameralar oʻrniga toʻldirgichli minoralarning ishlatilishi va azot oksidlari qoʻllash orqali sulfat kislotasi ishlab chiqarish jarayonini amalga oshirish ishlab chiqarish samaradorligini bir necha marta oshirishni taʼminladi. Bu usul sulfat kislotasi ishlab chiqarishning minorali usuli deb ataldi.

Sulfat kislotasi ishlab chiqarishning kontaktli usuli 1831-yilda P.Filips (Angliya) tomonidan sulfit anhidridni toʻgʻridan toʻgʻri kislorod bilan qizdirilgan platinali katalizatorlar ustidan oʻtkazish orqali oksidlash usuli taklif etilgandan soʻng yoʻliga qoʻyila boshlandi. Keyinchalik sulfit anhidridni sulfat anhidridga oksidlash jarayonining katalizatori vazifasini koʻpgina metallar (masalan, temir, mis, xrom v.b.), oksidlar (masalan, vanadiy oksid v.b.), shuningdek, chinni, keramika, gil va koʻpgina boshqa moddalar bajarishi aniqlandi. Sulfat kislotasi ishlab chiqarishning kontaktli usuli yaratilgandan keyin yuqori konsentratsiyali sulfat kislotasi va oleum olish imkoniyati yaratildi.

Sulfat kislotasi ishlab chiqarishning kontaktli usuli uzoq vaqt ishlatilmadi. Chunki oʻsha 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 qoʻshimchalardan tozalash usullari ishlab chiqilgandan soʻng kontakt usulida sulfat kislotasi ishlab chiqarish rivojlanib ketdi.

Sulfat kislotasi ishlab chiqarishda sulfit anhidridning kislorod ishtirokidagi oksidlanishi muhim bosqich hisoblanadi. Bu oksidlanish jarayoni katalizator ishtirokida (sulfat kislotasi ishlab chiqarishning kontakt usulida) yoki kislorod uzatuvchilarni qoʻllash orqali (sulfat kislotasi ishlab chiqarishning nitroza usulida) amalga oshiriladi.

Sulfat kislotasi – kimyo sanoatining asosiy xomashyolaridan biri ekanligi, uning qoʻllanilish sohasi kengligi, tashish va saqlash qulayligi, oʻta faolligi va arzonligi sababli butun dunyo boʻyicha koʻp miqdorda ishlab chiqariladi. Hozirgi paytda dunyo boʻyicha 160 mln

tonnadan ziyod miqdorda, O'zbekistonda esa yiliga 3 mln tonna atrofida, shu jumladan, «O'zkimyosanoat» 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 (2016-2018-yillar) va «Navoiy tog'-metallurgiya kombinati» DKning (2017-2019-yillar) 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 kislotadan 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 bakalavriat bosqichi talabalari oldida turgan muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

I BOB

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

1-§. Sulfat kislota va oleumning xossalari

Sulfat kislolaning kimyoviy tarkibi H_2SO_4 formula bilan ifodalanadi. Sulfat kislotani 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 aralashmasi sulfat kislota deb yuritiladi. 1 mol SO_3 ga 1 moldan ko'p miqdordagi H_2O to'g'ri keladigan aralashmalar sulfat kislolaning suvli eritmaları hisoblanadi. 1 mol SO_3 ga 1 moldan kam miqdordagi H_2O to'g'ri keladigan aralashmalar sulfat angidridning sulfat kislotadagi 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 angidridning (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 kislolaning yuqori kimyoviy faolligini, uning turli sanoat tarmoqlarida keng foydalanilishidan ham bilish mumkin.

Suvsiz sulfat rangsiz moysimon suyuqlik bo'lib, $10,37^{\circ}C$ haroratda kristallanadi. $296,3^{\circ}C$ harorat va 760 mm.sm.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 angidrid 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, °C
	H ₂ SO ₄	SO ₃ umum.	SO ₃ erkin	
H ₂ SO ₄ ·5H ₂ O	57,6	46,9	-	- 24,4
H ₂ SO ₄ ·2H ₂ O	73,2	59,8	-	- 39,6
H ₂ SO ₄ ·H ₂ O	84,5	69,0	-	+ 8,48
H ₂ SO ₄	100,0	81,6	-	10,37
H ₂ SO ₄ ·SO ₃	110,1	89,9	44,95	35,85
H ₂ SO ₄ ·2SO ₃	113,9	93,0	62,0	1,2

Sulfat kislota va oleunning kristallanish harorati. Sulfat kislota eritmasi va oleum 1.1-jadvalda keltirilgan birikmalar aralashmasi hisoblanadi. Masalan, 80% li sulfat kislota – bu H₂SO₄·2H₂O va H₂SO₄·H₂O birikmalarining aralashmasidir; tarkibida 20% SO₃ erkin bo'lgan odatdagi mahsulot sifatidagi oleum esa H₂SO₄ va H₂SO₄·SO₃ tarkibli birikmalar aralashmasidan iboratdir.

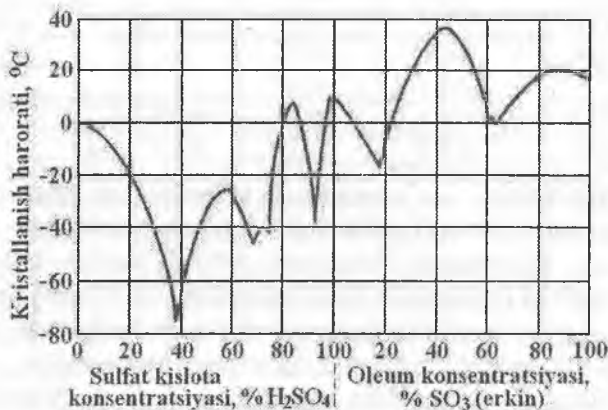
Ma'lumki, ikki modda kristallanish harorati aralashmasining (agarda aralash kristallar hosil qilmasa) alohida olingan moddalarning kristallanish haroratidan past bo'ladi. Shuning uchun sulfat kislota kristallanish harorati bilan uning konsentratsiyasiga bog'liqligini ifodalovchi egri chiziq (1.1-rasm) 1.1-jadvalda keltirilgan birikmalar tarkibiga mos holdagi maksimumga, shuningdek, sistemadagi H₂SO₄ va SO₃ larning quyidagi miqdorlariga mos keluvchi minimumga ega bo'ladi:

% H ₂ SO ₄	Kristallanish harorati, °C	SO ₃ erkin	Kristallanish harorati, °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 chiziqning minimumlariga e'tibor bering):

	% H ₂ SO ₄	% SO ₃
Minorali kislota	75	—
Kontaktli kislota	92,5	—
Oleum	104,5	20
Yuqori konsentratsiyali oleum	114,5	65

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



1.1-rasm. Sulfat kislota va oleumning 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 H₂SO₄ da maksimumga (336,5^oC) erishadi, so'ngra pasayadi.

Oleumning qaynash harorati erkin holatdagi SO₃ miqdorining ortishi bilan 0% SO₃ dagi qaynash harorati 296,2^oC dan 100% SO₃ dagi qaynash harorati 44,7^oC gacha pasayadi. Sulfat kislota eritmasi va oleum konsentratsiyasiga uning qaynash haroratining bog'liqlik grafigi 1.2-rasmda keltirilgan.

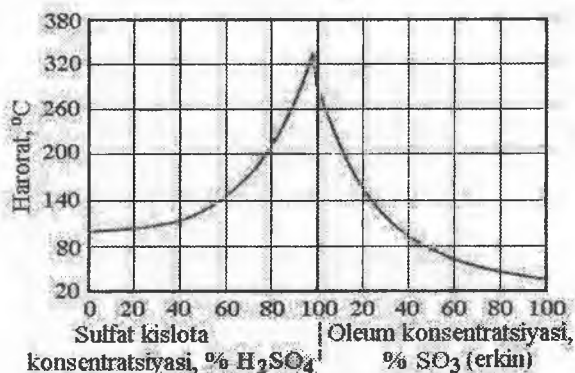
Sulfat kislota suvli eritmasi va oleumning turli haroratlardagi bug' bosimi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

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

bu yerda: P – bug' bosimi, mm.sim.ust.; A va B – koeffitsiyentlar; T – absolyut harorat, ^oK.

Sulfat kislotasining suvli eritmasi ustidagi umumiy bug' bosimini hisoblash uchun A va B koeffitsiyentlarning qiymati:

% H ₂ SO ₄	A	B	% H ₂ SO ₄	A	B
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 koeffitsiyentlardan 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

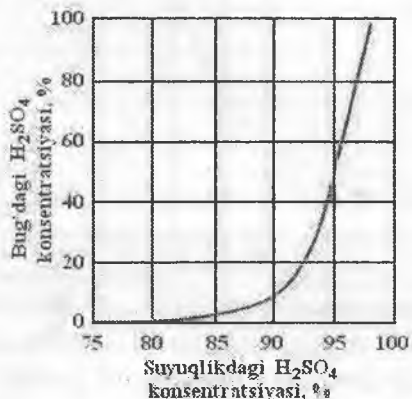
Sulfat kislota eritmasi ustidagi bug‘lar suv, H₂SO₄, SO₃ bug‘laridan iborat bo‘ladi; bundagi bug‘ning tarkibi suyuqlik tarkibidan tamomila farq qiladi. Faqatgina 98,3% li sulfat kislota eritmasi ustidagi bug‘ning tarkibi suyuqlik tarkibi bilan bir xil bo‘ladi.

1.3-rasmda qaynash haroratida sulfat kislota ustidagi bug‘ning tarkibi keltirilgan. Tasvirdan ko‘rinadiki, sulfat kislota eritmasining

konsentratsiyasi kamayishi bilan bug‘ tarkibidagi H_2SO_4 miqdori keskin kamayadi. 80% li sulfat kislotaga eritmasiga to‘g‘ri keladigan bug‘ning tarkibida 1% atrofidagi H_2SO_4 bo‘ladi.

Turli haroratdagi sulfat kislotaga suvli eritmalar ustidagi bug‘ tarkibidagi H_2SO_4 ning parsial bosimini quyidagi A va B koeffitsiyentlar asosida (1.1) formuladan foydalanilgan holda aniqlash mumkin:

% H_2SO_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 kislotaga ustidagi bug‘ning tarkibi

Bu koeffitsiyentlardan $250^{\circ}C$ dan past haroratda sulfat kislotaga bug‘lari bosimini texnik hisoblashlarda foydalanish mumkin, bunda sulfat kislotaga bug‘larining parchalanishi hisobga olinmagan.

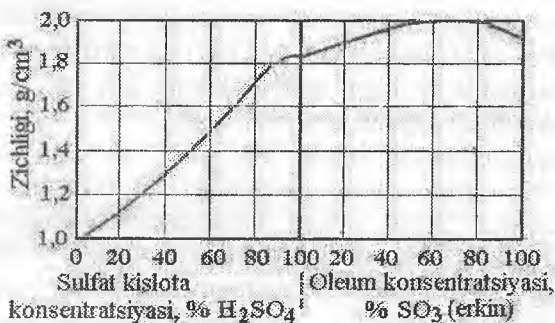
Sulfat kislotaga eritmalar ustidagi bug‘ning tarkibi nafaqat uning konsentratsiyasiga, balki uning haroratiga ham bog‘liqdir. Bu haroratning ortishi bilan:



tenglama orqali ifodalovchi 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. Soʻngra uning qiymati birmuncha kamayadi va 100% li H_2SO_4 da $1,8305 \text{ g/cm}^3$ ga yetadi. Oleumning zichligi uning tarkibidagi SO_3 ning ortishi bilan 62% SO_3 (erkin) gacha ortadi, soʻngra kamayadi. Haroratning ortishi bilan sulfat kislotaning zichligi kamayadi. Odatda, maʼlumotnoma jadvalarida sulfat kislota va oleumning 20°C haroratdagi zichliklari keltirilgan boʻladi. 20°C dan yuqori va past haroratdagi zichlik qiymatlarini aniqlashda maʼlumotnomalardagi haroratga toʻgʻrilash koeffitsiyentlaridan foydalaniladi. 1.4-rasmda sulfat kislota va oleum konsentratsiyasi bilan zichliklari orasidagi bogʻlanishning tasviri keltirilgan.

Texnik hisoblashlar uchun yetarli boʻlgan aniqlikdagi sulfat kislotaning konsentratsiyasini uning zichlik qiymati orqali ham aniqlash mumkin. Sulfat kislota eritmasida begona qoʻshimchalarning ortishi uning zichligi va konsentratsiyasi orasidagi bunday bogʻlanishni buzadi va bunday hollarda sulfat kislotaning konsentratsiyasi kimyoviy tahlil orqali aniqlanadi.



1.4-rasm. Sulfat kislota va oleum konsentratsiyasi bilan zichliklari orasidagi bogʻlanish

Sulfat kislota va oleumning issiqlik sigʻimi va oʻtkazuvchanligi. Sulfat kislota eritmasining konsentratsiyasi ortishi bilan uning issiqlik sigʻimi kamayadi va suvsiz sulfat kislotada minimum $1,42 \text{ j/(g}\cdot\text{grad)}$ qiymatga erishadi; oleumning issiqlik sigʻimi esa SO_3 (erkin) miqdori ortishi bilan kattalashib boradi. Haroratning ortishi natijasida sulfat kislota va oleumning issiqlik sigʻimi birmuncha ortadi. Issiqlik hisoblarida odatda 1 kg sulfat kislotani 0°C

dan talab etiladigan haroratgacha qizdirishda talab etiladigan issiqlik miqdori kattaligi ishlatiladi.

Sulfat kislolaning 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:

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

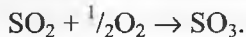
2-§. Sulfat kislota ishlab chiqarishdagi oraliq mahsulotlar xossalari

Sulfit anhidridning xossalari. Sulfit anhidrid SO_2 yoki oltingugurt qo'shoksidi (molekulyar massasi 64,066) odatdagi haroratda ko'zning shilliq pardalari va nafas olish organlarini zararlaydigan o'tkir hidli rangsiz gazdir. U atmosfera bosimida – $10,1^\circ\text{C}$ haroratgacha sovutilganda osonlik bilan suyuqlikka aylanadi. Suyuq faza ustidagi SO_2 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 SO_2 eriydi; bunda 34,4 kJ/mol (8,2 kkal/mol) issiqlik ajralib chiqadi.

Haroratning ortishi bilan SO_2 ning suvdagi eruvchanligi kamayadi. SO_2 ning sulfat kislotaldagi eruvchanligi suvdagiga qaraganda kamdir. Sulfat kislota konsentratsiyasining ortishi bilan sulfit anhidridning eruvchanligi dastlab kamayib boradi, H_2SO_4 konsentratsiyasi 85% bo'lganda minimumga erishadi va so'ngra yana orta boshlaydi.

Sulfit anhidrid katalizator ishtirokida oksidlanadi:

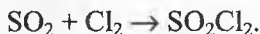


Sulfit anhidrid suv bilan birikib sulfit kislotasini hosil qiladi:



va u faqatgina eritmadagina mavjud bo'ladi.

Oltingugurt dioksidning xlor bilan ta'sirlashuvidan sulfuril xlorid olinadi:



SO_2 kimyoviy reaksiyalarda ham oksidlovchi, ham qaytaruvchi vazifasini bajara oladi.

Sulfat angidridning xossalari. Sulfat angidrid SO_3 yoki oltinugurt trioksid (molekulyar massasi 80,056) odatdagi sharoitda nangsiz gazdir. U havodagi namlikni tortib olib tutaydi va havoda muallaq holatdagi sulfat kislotaga tomchilarini hosil qiladi. Gaz holatdagi SO_3 $44,75^\circ\text{C}$ 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 $62,2^\circ\text{C}$ 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:

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

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

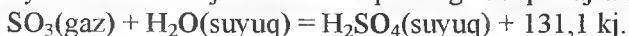
$$\lg P = 12,5615 - \frac{3040}{T} \quad (\text{qattiq } \beta - \text{shakl}).$$

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

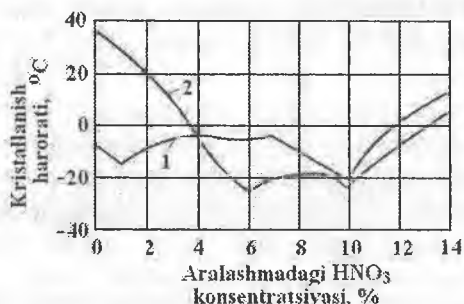
Sulfat angidridning qattiq polimer shakllari qizdirilganda dissotsiatsiyalanadi.

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



Sulfat anhidrid kuchli suv tortib olish xususiyatiga ega, u o'simlik va hayvon to'qimalarini yemiradi va kuchli oksidlovchi hisoblanadi. Oltinugurt, fosfor, uglevodorodlar va boshqa moddalarni oksidlab, SO_3 sulfid anhidridgacha qaytariladi. Sulfat anhidridning polimer shakllari nisbatan inertdir; ular suv bilan nisbatan passiv ta'sirlashadi, havoda kam tutaydi va to'qimalarning yemirishi sezilarsizdir.

Suyuq sulfat anhidrid sulfid anhidrid bilan har qanday nisbatda aralashadi, qattiq sulfat anhidrid 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 $(\text{SO}_3)_2\text{HNO}_3$ turidagi barqaror birikma (suyuql. 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 anhidrid, shuningdek, azot oksidlari va arsenit anhidrid bilan birikadi, asosli oksidlar va asoslar bilan shiddatli ta'sirlashadi.

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

3-§. 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, hattoki uni quruq elektrofilrlarda 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.

Sulfat kislota 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 zavodlarida tayyor mahsulot omborlari mavjuddir.

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

1.2-jadval

Turli navlardagi sulfat kislotasining asosiy ko‘rsatkichlari

Sulfat kislota navlari	Konsentratsiyasi, % dan kam emas	
	H ₂ SO ₄	SO ₃ (erkin)
Kontaktli yaxshi 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	
analiz uchun toza (a.u.t.)	93,56-95,6	
toza (t)	93,56-95,6	

Tayyor mahsulot saqlanadigan baklar gorizontaal 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.

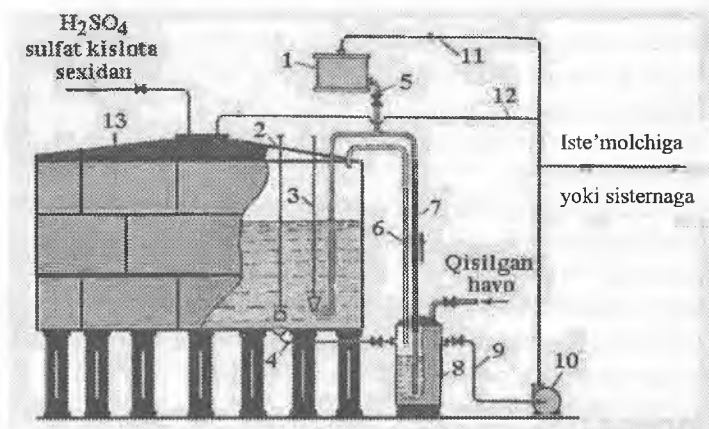
Minorali, kontaktli konsentrlangan sulfat kislota va oleum ichki qismi niqoblanmagan po‘lat baklarda saqlanadi. Alohida tozalangan va past konsentratsiyali sulfat kislotani saqlash uchun ishlatiladigan

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 qolishning 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 baki (13) ning yuqori qismiga beriladi va sifon (7) yordamida sisternaga quyiladi (yoki iste'molchiga uzatiladi). Uni to'ldirish ikki usulda amalga oshiriladi.



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)

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 litrgacha bo'lgan shisha butillarda yetkaziladi. Shisha idishlar maxsus savatlarga joylanib unga yog'och qirindisi solinadi.

Har bir jo'natiladigan sulfat kislotasi partiyasida sulfat kislotasining navi, uning analiz 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 kislotaning xossalarini ayting.*
2. *Oleumning xossalarini ayting.*
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 kislotaning hosil bo'lish issiqligi haqida gapiring.*
9. *Sulfat kislota eritmasidan suvning bug'lanish issiqligi haqida gapiring.*
10. *Sulfit angidridning xossalarini ayting.*
11. *Sulfat angidridning xossalarini ayting.*
12. *Sulfat kislotaning qanday navlarini bilasiz?*
13. *Sulfat kislotani saqlash va quyish usullarini ayting.*
14. *Sulfat kislotani tashish usullarini ayting.*

II BOB

SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISH XOMASHYOLARI

1-§. Xomashyolar. Oltिंगugurt kolchedanlarining tarkibi va turlari

Sulfat kislota olish uchun xomashyo sifatida elementar oltिंगugurt yoki tarkibida oltिंगugurt tutgan va undan elementar oltिंगugurt yoki sulfit anhidrid olish mumkin bo'lgan moddalar ishlatiladi. Tabiiy oltिंगugurt tabiatda nisbatan kam tarqalgandir. Oltिंगugurt tabiatda ko'pincha temir, rux, qo'rg'oshin, mis va boshqa metallar bilan birikmasi holatida uchraydi. Yer qobig'idagi oltिंगugurtning 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. Oltिंगugurt ko'pgina minerallar tarkibida ikkita metall bilan hosil qilgan sulfidlari tarzida ham bo'lishi mumkin, masalan, mis kolchedani (xalkopirit) temir va misning oltिंगugurtli birikmasidir. Oltिंगugurt 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 oltिंगugurt 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 anhidrid 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 kislotasi 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, AQSHda 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 qismi tarkibida 53,5% S va 46,5% Fe bo'lgan temir disulfid FeS_2 dan iborat. 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, Ispaniya, Yaponiya, Kanada, Portugaliya, Italiya, Norvegiya va boshqa mamlakatlarda mavjud. 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 muvofiq. 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 v.h.) 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 kislotada zavodlarida kolchedan rudasidan to'g'ridan to'g'ri foydalanishning nisbiy ulushi kamayib borayotganligi bilan izohlash mumkin.

Yuqori namligi bo'lgan flotatsiyalangan kolchedan sulfat kislotada zavodlariga keltirishda va omborlarda 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-qishki 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 hattoki 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 SO₂ va O₂ 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 SO₂ 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 kislotaga ishlab chiqarishning kontaktli va minerali jarayonlariga sezilarli ta'sir ko'rsatmaydi.

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

Elementar oltingugurt (yoki oltingugurt bug'i) tabiiy rudalardan, shuningdek, sulfid angidrid yoki vodorod sulfid tutgan gazlardan olinadi. Elementar oltingugurt sulfat kislotaga ishlab chiqarish uchun eng yaxshi turdagi xomashyolardan biri hisoblanadi. Uni yoqish natijasida katta miqdorda SO₂ va kislorod tutgan hamda kontaktli sulfat kislotaga ishlab chiqarish uchun eng muhim hisoblangan gaz hosil qilinadi. Oltingugurtning yonishi natijasida kul qolmaydi, va holanki, kolchedan kuydirilishi natijasida hosil bo'ladigan kulni yo'qotish uchun katta sarf-xarajatlar talab etilar edi. Tabiiy oltingugurt tarkibida juda oz miqdordagi mishyak qo'shimchasi bo'ladi, bu esa kolchedandan sulfat kislotaga ishlab chiqarishdagi mishyakdan tozalash jarayonlari singari bosqichlardan xoli bo'lgan sulfat kislotaga ishlab chiqarishning sodda tizimini yaratish imkoniyatini yaratadi.

Elementar oltingugurtdan sulfat kislotaga 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'yoqlar va kimyo-farmatsevtika preparatlari olishda hamda pirotexnikada ishlatiladi.

Jahon miqyosida elementar oltingugurtdan foydalanish taxminan quyidagicha taqsimlanadi:

Sulfat kislotaga 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.

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

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

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

Turlicha haroratdagi qattiq va suyuq oltिंगugurt 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 oltिंगugurt konsentratsiyasi, g/sm ³	0,003	0,12	32,4	653	4900	9500

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

Oltिंगugurt bug'ida S_8 , S_6 va S_2 molekulari bo'ladi, haroratning ortishi bilan S_2 molekulari miqdori ortadi, bunda bug' rangi o'zgaradi. Qaynash harorati yaqinida oltिंगugurt 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 oltिंगugurt bug'lari amalda S_2 molekularidan iborat bo'ladi. Uning atomlarga parchalanishi taxminan 1600°C haroratdan boshlanadi.

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

- rombik oltिंगugurt uchun 0 dan $95,6^{\circ}\text{C}$ 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 hisoblanishi 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, $^{\circ}\text{K}$ hisobida.

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

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

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

Oltिंगugurtni to'g'ridan to'g'ri yer osti qatlamlaridan Frash usuli bo'yicha qazib olishda (bu usul AQSHda ishlatiladi) oltingugurt qaynoq suv bilan suyuqlantiriladi va qisilgan havo bilan yuzaga siqib chiqariladi. Buning uchun quduqqa bitta quvur orqali bosim ostida 150-160°C haroratgacha qizdirilgan suv berilsa, ikkinchisidan, qisilgan havo yuboriladi. So'ngra suv ma'lum masofada joylashgan va oltingugurtli 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. AQSHda oltingugurtning ko'p qismi temir yo'l va avtomobil sisternalarida suyuqlantirilgan holatda tashiladi.

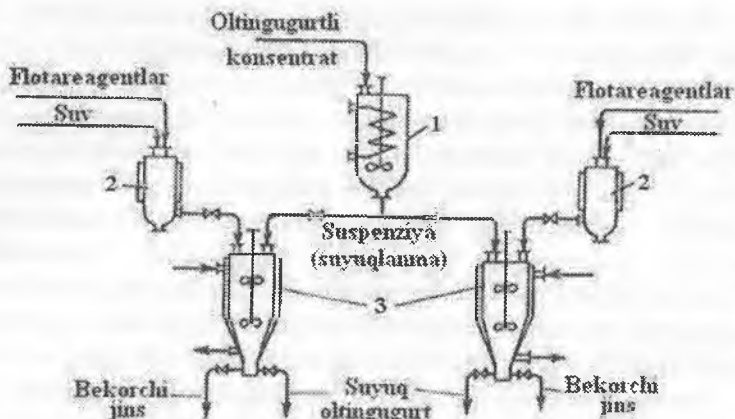
Ko'pincha, oltingugurtga boy bo'lgan tabiiy oltingugurt rudalaridan uni flotatsiyalash yo'li bilan ajratib olinadi.

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 C₇-C₉ 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 suyuqlantirgich (1) ga yuboriladi.

Suyuqlantirgich unumdorligi oltingugurtli konsentrat namligiga bog'liq va u konsentrat namligi 10-15%, qizdirish yuzasi 1 m² bo'lganda 100-150 kg/s ni tashkil etadi. Quruq konsentratni suyuqlantirishda unumdorlik 270-300 kg/s gacha yetadi.

Muntazam ravishda suyuqlangan oltingugurtli konsentrat suyuqlantirgich (1) dan 120-130°C haroratda oltingugurtli suspenziya holatida flotatsiyalash avtoklavi (3) ga tushadi. Bu yerga, shu bilan bir vaqtda, yig'gich (2) dan flotoreagentning suvli eritmasi ham beriladi.



2.1-rasm. Avtoklavlarda flotatsiyalash orqali oltinugurtli konsentratlardan oltinugurt olish tasviri:

1 – suyuqlantirgich; 2 – flotareagent eritmalari yig'gichlari; 3 – flotatsiyalash avtoklavlari

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 oltinugurt, ikkinchisidan esa bekorchi jinslar chiqarib olinadi.

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

Flotatsiyalash avtoklavining unumdorligi 1 m^3 hajmdagi jihoz uchun 1600 kg/s oltinugurtga to'g'ri keladi. Konsentratdan oltinugurtni umumiy ajratib olish darajasi 95-98% ni tashkil etadi.

Flotatsiyalash avtoklavining ishlash tartibi taxminan quyidagicha bo'ladi:

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

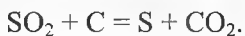
Siklning umumiy davomiyligi 30 daqiqani, suyuq shisha sarfi 8% ni (critmadagi SiO₂ ning konsentratsiyasi 3 g/l) tashkil etadi.

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

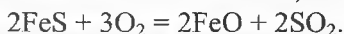
Oltिंगugurt bug'i, ayniqsa, ko'pgina hollarda misli kolchedan kuydirish pechlari gazlaridan olinadi. Bunda elementar oltिंगugurt tarzida 80% gacha S ajratib olinadi. Misli kolchedanning asosi pirit FeS₂ hisoblanadi, kolchedandagi CuS miqdori 4% gacha bo'ladi. Misli kolchedan, koks, kvarts va ohaktosh (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 oltिंगugurt dioksid shixtadagi uglerod yordamida elementar oltिंगugurtgacha qaytariladi:



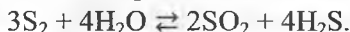
Va nihoyat, oxirgi – pechning pastki zonasida (oksidlab suyuqlantirish va shlak hosil bo'lish zonasida) FeS yonadi:



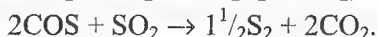
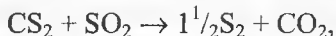
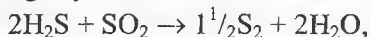
Bunda temir (II)-oksid shixta komponentlari bilan suyuqlanadi va shlak tarkibiga o'tadi, FeS ning oksidlanmagan qismi esa mis sulfidi bilan shteyn hosil qiladi.

Sulfit angidridning ko'mir bilan qaytarilishida elementar oltिंगugurt dan tashqari turli xildagi oltिंगugurtli birikmalar (uglerod sulfid, uglerod sulfoksid v.b.) hosil bo'ladi. Bundan tashqari,

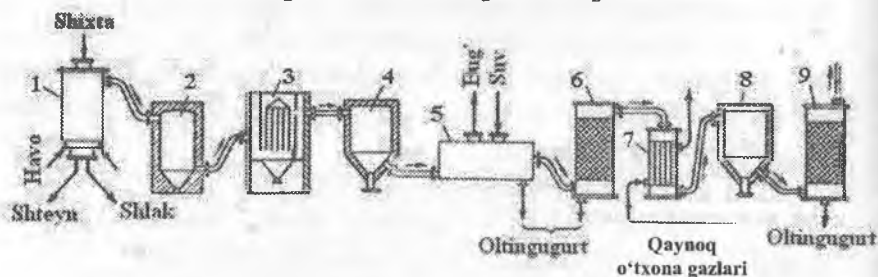
shixtadagi namlik va havo oltingugurt bilan ta'sirlashib, ma'lum miqdorda vodorod sulfid hosil qiladi:



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



2.2-rasmda mis kolchedani suyuqlantirilishidan elementar oltingugurt olish tasviri keltirilgan. Shixta germetik pech (1) ning 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 chiqindixonaga chiqarib tashlanadi.



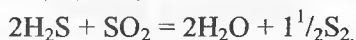
2.2-rasm. Mis kolchedanidan oltingugurt bug'i olish tasviri:

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

Pech (1) dan chiqadigan gazlar changtutkich (2) ga yuboriladi, u yerda yirik zarrachali chang ushlab qolinadi, so'ngra changdan to'la tozalash uchun elektrofiltr (3) ga uzatiladi.

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

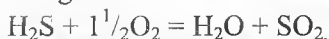
Reaksiya paytida gazning harorati 450°C gacha ko'tariladi, shuning uchun reaksiya kamerasidan chiqayotgan gaz bug' yutkich qozoni (5) da 130°C haroratgacha sovitiladi, u yerda oltingugurtning asosiy qismi kondensatsiyalanadi. Oltingugurtning qolgan qismi esa po'lat halqachalar to'ldirilgan to'ldirgichli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



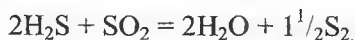
Shundan so'ng gazdan oltingugurtni ajratib olish uchun birin-ketin ikkinchi qozon yutkich (rasmda ko'rsatilmagan) va minora (9) dan o'tadi.

Oltingugurtning ko'p miqdori yoqilg'i va texnologik gazlarni tozalash jarayonidan ajratib olinadigan vodorod sulfiddan olinadi. Bunday oraliq mahsulot sifatida olinadigan vodorod sulfiddan ho'l kataliz usuli bo'yicha sulfat kislota ishlab chiqarishda yoki elementar oltingugurt olishda foydalaniladi. Agar mintaqada sulfat kislotaga ehtiyoj bo'lmasa yoki iste'molchi kam bo'lsa, u holda sulfid angidrid va vodorod sulfiddan sulfat kislota emas, balki oltingugurt olinadi. Uni tashish sulfat kislotaga nisbatan anchagina arzon, oltingugurtning ekvivalent miqdori sulfat kislotaga nisbatan 3 marta kamdir, oltingugurtdan sulfat kislota 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 aralastirilib yoqiladi, natijada sulfid angidrid hosil bo'ladi:



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



Hosil qilingan oltingugurt bug'lari sovuq yuzada kondensatsiyalanadi.

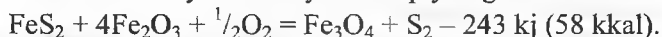
Hozirgi paytda kolchedandan elementar oltingugurt olish ham katta amaliy qiziqish uyg'otmoqda (bu jarayonlar bo'yicha 400 dan ortiq ixtirolarga patentlar mavjuddir). Gap shundaki, 1 t kolchedan oltingugurtini tashish elementar oltingugurtga nisbatan 2 martadan ham ko'p xarajatlar talab etadi; bundan tashqari, oltingugurtni sulfat kislotaga qayta ishlashning kapital va ishlatish xarajatlari 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'jaligida muhim ahamiyatga egadir, chunki, masalan, har bir tonna mis suyuqlantirib olishda sulfat kislotali tizimdagi oltingugurtli xomashyoni kuydirishga sarflanadigan xarajatlarsiz 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% O₂ bo'lguncha kislorod qo'shish qo'llaniladi yoki kuydirish jarayoni texnologik kislorod (95% O₂) muhitida amalga oshiriladi. Kislorod ishlatiladigan barcha holatlarda ham kuydirishdan chiqadigan chiqindi gazlaridagi sulfat angidridning konsentratsiyasi ortadi.

Masalan, ruxli konsentratni qaynovchi qatlam pechlarida kuydirishda tarkibida 30% O₂ tutgan havo berilishi (havodagi 21% O₂ o'rniga) orqali o'tkazilgan sanoat sinovlari shuni ko'rsatadiki, bunda chiqadigan gaz tarkibidagi SO₂ konsentratsiyasi 8 % dan 14% ga

ko'tariladi, pech unumdorligi 70% ga ortadi, kuyundidagi sulfidli oltingugurt miqdori 3 marta kamayadi.

Aglomeratsiya gazlari. Qora metallurgiyaning yirik korxonalarida temir rudasi domna pechiga berilishdan oldin maxsus fabrikalarda aglomeratsiyalanadi (ruda shixtalarining 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 SO₂ bo'ladi. Ayrim yirik aglomeratsiya fabrikalarida atmosferaga chiqarib yuboriladigan gazlar 5 mln m³/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 metallurgiyaning aglomeratsiya gazlarini ulardagi SO₂ 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, uning tarkibidagi SO₂ konsentratsiyasini oshirish va konsentrlangan aglomeratsiya gazidan SO₂ ni ajratib olishni yo'lga qo'yish ham ekologik, ham iqtisodiy samara olinishi mumkin.

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 SO₂ ham bo'ladi. U atmosfera havosini ifloslantirib, ekologik vaziyatning 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 SO₂ ni tozalash katta sarf-xarajatlar 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 manbalardan 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 xolida qoladi, bu esa po'latning sifatini yomonlashtiradi. Neftni qayta ishlash gazlari, yo'ldosh va tabiiy gazlar asosan turli xil 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 (monoetanolamin, soda v.b.) 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 kislotaga yoki elementar oltingugurt ishlab chiqarishda foydalaniladi.

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

Sulfat kislotaga 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 kislotaga ishlab chiqarilmaydi, chunki bizda sulfat kislotaga 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 kislotaga 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, oqovalarga qo'shib yuboriladi va bu ham iqtisodiy, ham ekologik zarar keltiradi.

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

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

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 eritmalari. Metallar sirtini tozalashda kislota eritmalaridan foydalaniladi va bunda hosil bo'ladigan chiqindi eritmalar yuvindi eritmalari deyiladi. Yuvindi eritmalari 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 eritmalarni regeneratsiyalashdan ajratilgan temir kuporosi mahsulot sifatida chiqariladi.

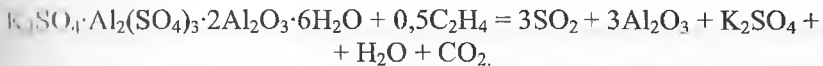
Ayrim qurilmalarda yuvindi eritmalardan oldindan temir kuporosini ajratib olmasdan sulfat kislotasi olinadi. Bunday hollarda, yuvindi eritmalaridagi sulfat kislotasi ortiqcha miqdordagi kuyundi bilan neytrallanadi va bu aralashma pechlarda ko'mir bilan qaytariladi. Hosil qilingan sulfit angidrid sulfat 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 kontakli 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. Oltinugurt kolchedanlarining tarkibi va turlarini ayting.
3. Rangli metallurgiya gazlaridan qanday maqsadlarda foydalaniladi?
4. Oltinugurtning ishlatilish sohalarini ayting.
5. Oltinugurtning xossalarini ayting.
6. Tabiiy rudalardan oltinugurt qanday olinadi?
7. Oltinugurt 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?

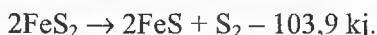
III BOB

OLTINGUGURTLI XOMASHYOLARNI KUYDIRISH

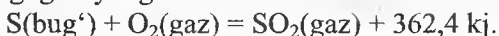
1-§. Oltिंगugurtli xomashyolarni kuydirishning fizik-kimyoviy asoslari

Oltिंगugurtli xomashyolarning yonish reaksiyalari. Tarkibida sulfid angidrid tutgan gazli aralashmalar texnikada sulfitli gazlar deyiladi. Sulfitli gazlar komponentlarining (SO_2 , O_2 , N_2 v.h.) 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 oltिंगugurt bug'lari hosil bo'ladi:

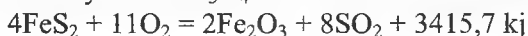


Oltिंगugurtning ajralishi 500°C haroratdan boshlanadi va haroratning oshirilishi natijasida tezlashadi. Oltिंगugurt bug'lari oltिंगugurt dioksid hosil qilish bilan yonadi, xuddi shunday jarayon elementar oltिंगugurt yonganda ham kuzatiladi:

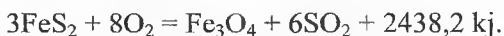


Temir sulfid FeS ham yonadi, ammo bu jarayonning aniq mexanizmi belgilab berilmagan va hozirda bir necha oraliq reaksiyalar yo'nalishlari aytib o'tilgan. Ulardan birida FeS oksidlanishining birinchi bosqichida temir sulfatlari hosil bo'lishi va so'ngra ular temir oksidlarigacha parchalanishi ko'rsatilgan 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 anhidrid ajralib chiqadi va tegishli metallarning oksidlari hosil bo'ladi, so'ngra ular sulfatlarga aylanadi.

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

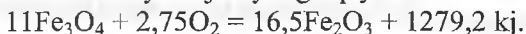


Bunda kuyundi gazi tarkibidagi kislorod miqdori kamayadi, bu esa sulfit anhidridning keyingi bosqichdagi katalitik oksidlanish tezligini pasaytiradi.

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

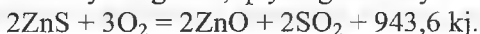


Hosil bo'lgan temir kuyundisi havo kislorodi bilan 900°C haroratda oksidlanadi va yana jarayonga qaytariladi:

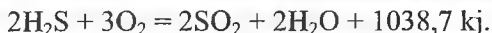


Bu reaksiyalarning issiqlik effektlari yig'indisi musbat bo'lib, 828,4 kj ga teng, bu esa bunday usulda sulfit anhidrid olishning avtotermik jarayon bo'lishligini ta'minlaydi.

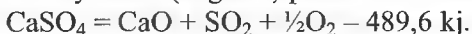
Rux aldamasi kuydirilganda, quyidagi reaksiya sodir bo'ladi:



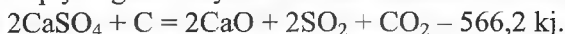
Vodorod sulfid yoqilganda esa sulfit anhidrid bilan birgalikda suv bug'i ham hosil bo'ladi:



Gips $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ qizdirilganda dastlab kristallizatsiya suvi ajraladi, so'ngra kalsiy sulfat (angidrit) parchalanadi:



Uning to'la parchalanishi $1400-1500^{\circ}\text{C}$ 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 reaksiyasi (Fe_2O_3 hosil bo'lishi bilan boradigan reaksiya)ning 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:

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

Kolchedanning yonishidan ajraladigan issiqlik miqdori oltingugurtning to'la yonish (t.y.) darajasiga bog'liq bo'lib, quyidagi tenglama bilan hisoblanishi mumkin:

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

bu yerda: $C_{S(t.y.)}$ - oltingugurtning to'la yonish darajasi, %;

53,5 – FeS₂ dagi oltingugurt miqdori, %.

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

$$C_{S(t.y.)} = C_{S(haqiqiy)} - \chi C_{S(kuyundi)}$$

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:

$$Q = 126,5 C_{S(t.y.)} \text{ kJ/kg;}$$

- oltingugurt yoqilganda:

$$Q = 92,6 C_{S(t.y.)} \text{ kJ/kg;}$$

- rux aldamsi kuydirilganda:

$$Q = 146,7 C_{S(t.y.)} \text{ kJ/kg;}$$

Oltingugurtli xomashyoni kuydirish harorati. Piritning sekin oksidlanishi 170-260°C haroratdayoq sulfit anhidrid ajralishi bilan boshlanadi, turli navlardagi kolchedanning alanganish harorati esa 375 dan 420°C intervalida bo'ladi. Bunda kolchedan qanchalik maydalangan bo'lsa, uning alanganish harorati ham shunchalik past bo'ladi. Kolchedandagi kremnezem qo'shimchasining ortishi alanganish haroratini oshiradi, organik mahsulot qo'shimchalari esa uni pasaytiradi.

Shuni ham ta'kidlash lozimki, gazli aralashmadagi kislorod miqdorining ortishi bilan xomashyoning alanganlash harorati ortadi. Bu 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 kolchedanning yonish harorati va kuyundi gazining harorati (pechga kiradigan gazning harorati 0°C bo'lganda) umumiy holda quyidagi tenglama bilan hisoblanishi mumkin:

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

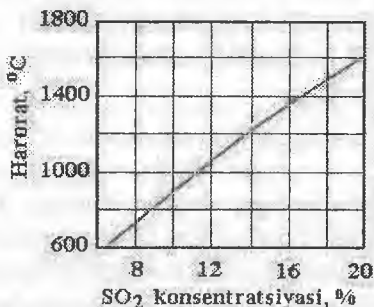
bu yerda: Q – kolchedanning yonish issiqligi, kJ/kg ; V_{gaz} – 1 kg kolchedan yonganda hosil bo'ladigan kuyundi gazining hajmi, m^3 ; c_{gaz} – 0°C dan t harorat intervaligacha kuyundi gazining o'rtacha issiqlik sig'imi, $\text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{grad})$; G_{kuyundi} – 1 kg kolchedan yonganda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

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 haroratli 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 sulfid 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'ljallanish 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 konsratsiyasiga bog'liqligi

Komponentlarning belgilangan nisbatida vodorod sulfidning kislorod yoki havo bilan aralashmalari qizdirilganda o'z-o'zidan alanganish xususiyatiga egadir. Vodorod sulfidni kislorod bilan aralashmasining alanganish 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:

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

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

Oltingugurt tutgan xomashyoni yonish tezligi. Kolchedanning yonish tezligi FeS₂ ning oltingugurt va FeS ga parchalanish tezligiga,

shuningdek, temir sulfid FeS va oltingugurtning SO_2 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-jadval

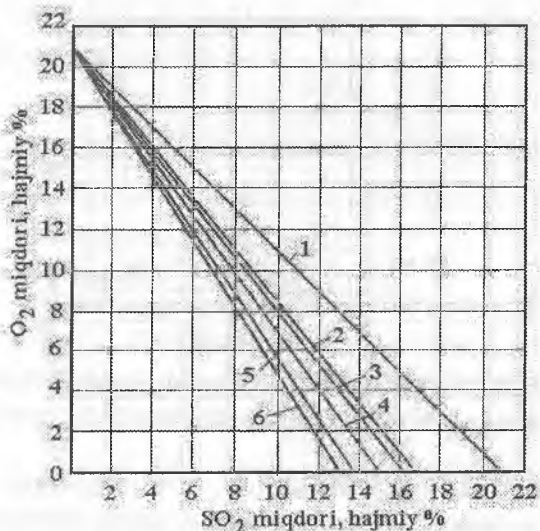
Kuyundi gazidagi kislorod miqdorini hisoblash uchun formulalar (SO_3 hosil bo'lishi hisobga olinmagan)

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
tarkibida 45% O_2 tutgan	$3FeS_2 + 8O_2 = Fe_3O_4 + 6SO_2$	1,333	21	$C_{O_2} = 21 - 1,263C_{SO_2}$	16,6
		1,375	45	$C_{O_2} = 21 - 1,216C_{SO_2}$	37,0
aralashmada 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

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

3.2-rasmda turli xildagi oltingugurtli xomashyolarning havoda yonishidan olingan kuyundi gazidagi sulfit angidrid va kislorod miqdorlarining bog'liqlik grafiqi tasvirlangan.

Kuyundi gaz tarkibida sulfat angidridning bo'lishi xomashyoni kuydirish haroratiga, kuyundi gazdagi kislorodning konsentratsiyasiga, pechning tuzilishiga va boshqa sulfit angidridning 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'liq.

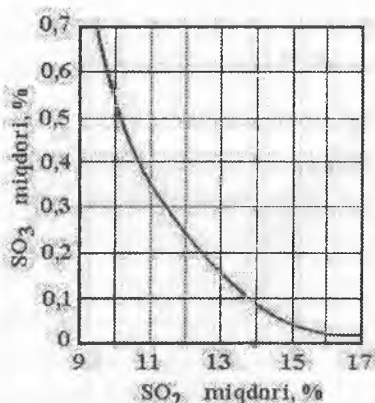


3.2-rasm. Turli xildagi oltingugurtli xomashyolarning havoda yonishidan olingan kuyundi gazidagi sulfit angidrid va kislorod miqdorlarining bog'liqlik grafiqi:

1 – oltingugurt; 2 – kolchedan (temir kuyundisi hosil bo'lishi); 3 – kolchedan [temir (III) oksid hosil bo'lishi]; 4 – rux aldamsi va vodorod sulfid; 5 – temir sulfid FeS ; 6 – pirrotin Fe_nS_{n+1} ($n > 5$)

Kolchedanni mexanik pechlarda kuydirilganda SO_3 miqdori SO_2 ning umumiy miqdorining 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 sur'atda bo'lganligi sababli xomashyoning kuyishi katta tezlikda sodir bo'ladi, shuning uchun qaynovchi qatlamli pechlardan ko'p miqdorda sulfit anhidrid (15% gacha SO_2) tutgan kuyundi gaz olinadi, chunki gazda hattoki 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 sulfit 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 koeffitsiyent (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:

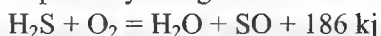
$$y = 21 - 1,395x.$$

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 koeffitsiyenti 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 koeffitsiyentlar 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:

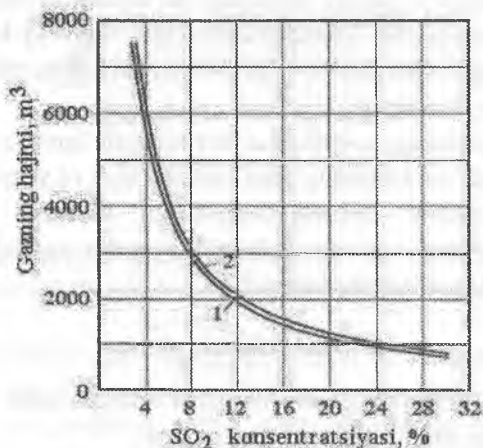


bilan boradi va bunda 20% gacha oltingugurt monoooksid hosil bo'ladi, so'ngra u SO_2 gacha oksidlanadi. Oltingugurt monoooksid, kislorod yetishmaganda SO_2 va oltingugurt hosil qilgan holda parchalanadi.

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 $590^{\circ}C$ haroratda kuydirilganda kolchedandagi mishyak miqdorining kuyundida 85%, changda esa 0,5% qismi, $840^{\circ}C$ haroratda kuydirilganda esa mishyakning kuyundi va changdagi miqdori tegishli 1 va 46% qismi qoladi.

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

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



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

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

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 aldamsi 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.

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

1 t H_2SO_4 ishlab chiqarish uchun qayta ishlashga beriladigan kuyundi gazining hajmi (gaz hajmi n.sh.ga 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 – sulfid 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 koeffitsiyenti orqali aniqlanadi (3.4-rasm).

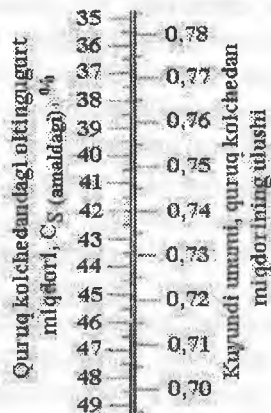
Kuyundining miqdori va tarkibi. Kolchedan va boshqa oltingugurtli rudalar kuydirilganda kuyundi hosil bo'ladi, uning miqdori xomashyoning kimyoviy tarkibi va undagi oltingugurtning to'la yonishiga bog'liqdir.

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

$$\chi = \frac{C_{S(\text{nazariy})} - (1 - \varphi)C_{S(\text{amalda})}}{C_{S(\text{nazariy})} - (1 - \varphi)C_{S(\text{kuyundi})}}$$

bu yerda: $C_{S(\text{nazariy})}$ – quruq kolchedandagi oltingugurtning nazariy miqdori (kimyoviy birikmaga muvofiq holda), %; $C_{S(\text{amalda})}$ – quruq

kolchedandagi olingugurtning amaldagi miqdori, %; $C_{S(kuyundi)}$ – kuyundidagi olingugurt 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 $C_{S(nazariy)}$ va φ kattaliklar qiymatlari 3.2-jadvalda keltirilgan.

3.2-jadval

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

Kuydiriladigan xomashyolar	Yonish reaksiyalari	$C_{S(nazariy)}$	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 aldamsi	$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$	32,49	0,83

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

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

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 lozim.

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

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

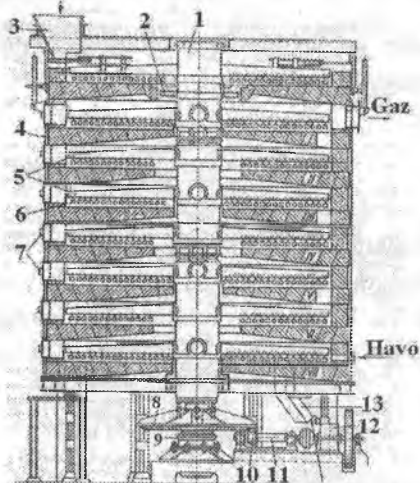
Oltingugurt kuyundida temir va mis bilan birikmasi (asosan temir sulfid FeS) tarzida, shuningdek, kalsiy, bariy va boshqalarning sulfatlari shaklida bo'ladi. Kuyundida, shuningdek, silikatlar va kolchedandagi turli qo'shimchalarning oksidlanish mahsulotlari ham bo'ladi.

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 m² ni tashkil etadi.

Kolchedan



Kuyundi

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 maxsus tirqish orqali ikkinchi ishchi tokchaga tushadi. U yerda kolchedan pech markazi tomon harakatlanadi, undan val yaqinidagi halqali teshik orqali uchinchi ishchi tokchaga tushadi v.h. 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 tokchening 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 – reduktor (12) ning aylanishidan uzatgich val (11) orqali keladigan harakat bilan aylanadi. Bunda uzatgich valdagi tishli kichik g'ildirak (10) aylanma harakatni pech valining pastki qismiga mahkamlangan tishli katta g'ildirak (8) ga uzatadi.

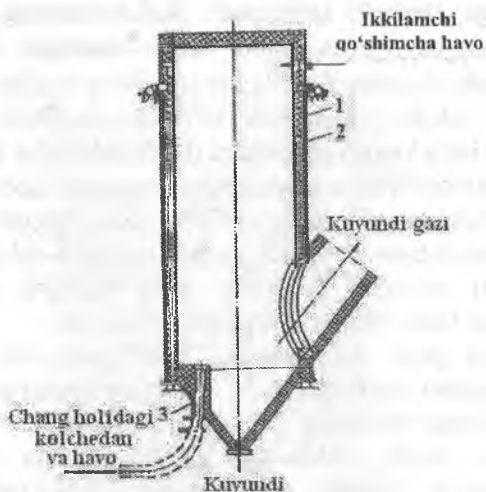
Sutkasiga pech tokchasining 1 m³ yuzasida kuydiriladigan xomashyo miqdori (tarkibida 45% S bo'lgan quruq shartli kolchedan hisobida) mexanik pechning jadalligini ifodalaydi. VKZ pechlarida 32-35 t/sutka shartli kolchedan kuydiriladi, bu 225-250 kg/m² jadallikka to'g'ri keladi. Bunday jadallikda ishlaydigan pech kuyundisida 2% atrofida oltingugurt bo'ladi, kuyundi gazdagi SO₂ konsentratsiyasi 9-10% ni tashkil etadi.

Mexanik pechlarning normal ishlashidagi asosiy shartlar quyidagilardan iboratdir:

- 1) Kerakli miqdordagi havoning pechga kirishini ta'minlash uchun yetarlicha so'rilishning ta'minlanishi.
- 2) Pechning kolchedan bilan bir xilda ta'minlanishi.
- 3) Val va eshkakchalarning jadallik bilan sovitilishi.
- 4) Kolchedan dashqollari bilan berkilib qolgan pech tokchalaridagi tirqishlarning 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

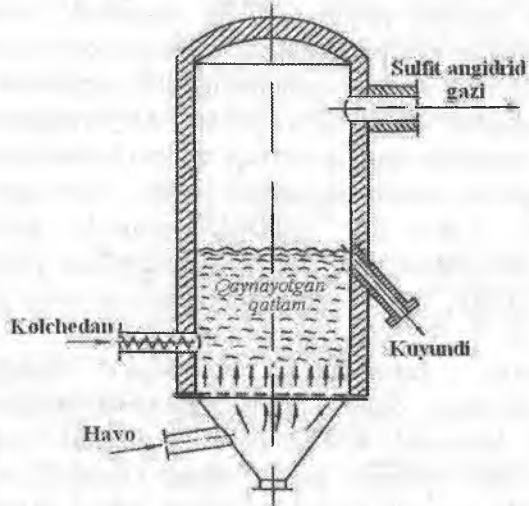
Bunday pechlar mexanik pechlarga qaraganda anchagina sodda tuzilgan hamda ularning ish jadalligi 3-4 marta ko'pdir. Hosil bo'layotgan gazlar aralashmasida 10-11% SO_2 bo'ladi; harorat $1000^{\circ}C$ ga yetadi; bunda hosil bo'layotgan issiqlik bug' qozonlarida bug' olish uchun ishlatiladi.

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'rning pastidan ventilyator yordamida puflanadi. Havo to'r teshikchalari orasidan katta tezlik bilan o'tib, kolchedanni yuqoriga ko'taradi va uni aralastiradi, bunda kolchedan xuddi qaynayotgandek

bo'ladi, shuning uchun ham bu jarayon qaynovchi qatlamli kuydirish deyiladi. Kolchedan to'rt 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'ra 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 gazi 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 flotokonsentrat, 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 kolchedanning kuydirilishiga erishiladi. Masalan, kolchedan zarralari o'lchami 6 mm bo'lganda, sutkasiga 1 m^2 yuzadagi panjara to'ri maydonida 15-20 t gacha

kolchedanni kuydirish mumkin; flotatsion kolchedan kuydirilganda esa pechga beriladigan kolchedan miqdori birmuncha kam bo'ladi.

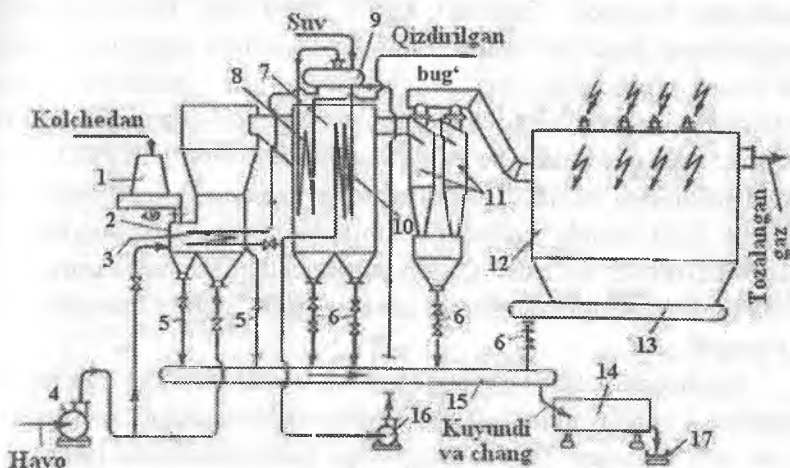
Yonish jarayoni yuqori tezlikda va jadallik bilan aralashish hisobiga borganligi sababli qaynovchi qatlamda kolchedan emas, balki kuyundi bo'ladi. Qaynovchi qatlamning turli nuqtalarida kuyundidagi oltingugurt miqdori deyarli bir xil bo'ladi. Kuyayotgan material bilan havoning to'qnashish vaqti qaynovchi 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 sarfining ortishiga olib keladi.

Xomashyo zarrachalari bir-biriga yopishib qolishi (dashqollanishi)ning oldini olish maqsadida qaynovchi qatlam pechlaridagi haroratni 800°C dan oshirmaslik lozim. 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 koeffitsiyenti qariyb $1000 \text{ kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{grad} \cdot \text{soat})$ ni tashkil etadi.

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

Maydalangan kolchedan (rudasi yoki flotokonsentrati) bunker-ta'minlagich (1) dan bir tekisda qaynovchi qatlam pechi (2) ning 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-yuttirgich (7) ga keladi, u yerda $400-450^{\circ}\text{C}$ haroratgacha soviydi. Qozon-

yuttirgich baraban-separator (9) bilan birgalikda o'rnatilgan bo'lib, u yerga sovitish elementlari (3) dan qaynatuvchi quvurlar (10) orqali bug'-suvli emulsiya keladi. Shunday qilib, qaynovchi qatlam va kuyundi gazidagi barcha ortiqcha issiqlik qozon-yuttirgich (7) da 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 bunker; 2 – qaynovchi qatlam pechi; 3 – sovitkich elementlari; 4 – ventilyator; 5 – kuyundi chiqarish tirqishlari; 6 – chang chiqarish tirqishlari; 7 – qozon-yuttirgich; 8 – bug'li qizdirgich; 9 – baraban-separator; 10 – qaynatgich quvurlar; 11 – siklonlar; 12 – elektrofiltr; 13 – zanjirli transformator; 14 – sovitkich 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 elektrofiltr (12) da esa changdan to'la tozalanadi va so'ngra sulfat kislotaga qayta ishlash uchun yuboriladi. Qaynovchi qatlamli pechdagi kuyundi, qozon-yuttirgich bunkerlaridagi, siklonlardagi va elektrofiltrdagi chang kukunlari transportyor (15) ga tushadi, so'ngra sovitish barabani (14) da sovitiladi va lentali transportyor (17) yordamida sexdan chiqarib tashlanadi.

Kuyundi gazida sulfat angidridning bo'lishi o'rinsizdir, chunki bu elektrofiltr 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 sovitiladi (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).

Ruxli va misli rudalar hamda konsentratlarni kuydirish uchun yuqorida bayon etilgan pechlardan ayrim detallari bilan farqlanadigan qaynovchi qatlam pechlari ishlatiladi. Bu kuydiriladigan xomashyolarning 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.

Qaynovchi qatlam pechlarining ko'rsatkichlari

Ko'rsatkichlar	Kolchedan		Ruxli konsentrat, «Elektrorux» zavodining pechi
	GIPROXIM 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
Sovitish elementlari yuzasi, m ²	—	10	13
Gazning konsentratsiyasi, % SO ₂	14-15	10-15	9-10
Qatlamning harorati, °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

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 kolchedanning 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'lchovli vagonchalarda o'lchangan holda pechga to'kiladi. Vagonchalar monorelsli izlar bo'yicha qo'lda yoki elektrik yuk tortuvchi moslamalar (tyaga) yordamida 60-75 m/min tezlikda

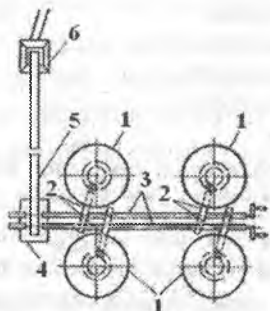
harakatlantiriladi. Yirik zavodlarda vagonchalar hajmi 3,5 m³ ga yetadi. Kolchedan vagonchalardan birin-ketin har bir pechning bunkerlariga ag'dariladi. Vagonchalardan kolchedanni tushirish avtomatlashgan holda amalga oshiriladi.

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 sovitishning turli xildagi tizimlari ishlatilmoqda.

3.10-rasmda sovituvchi shneklar yordamida VKZ pechlaridan kuyundini yo'qotish tizimining tasviri keltirilgan. Pech tirqishlari (1) dan kuyundi shnek-so'ndirgich (2) ga sepiladi, u yerga sovituvchi suv purkaladi. Suvning berilishi shunday boshqariladiki, bunda kuyundi 70-80°C haroratgacha soviydi. Sovitilgan kuyundi bir necha shneklardan uzunasiga ishlaydigan shneklar (3) ga tushadi va undan kuyundi aralashtirgich bunker (6) ning transportyor lentasi (5) to'g'rilagichi (4) ga 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.

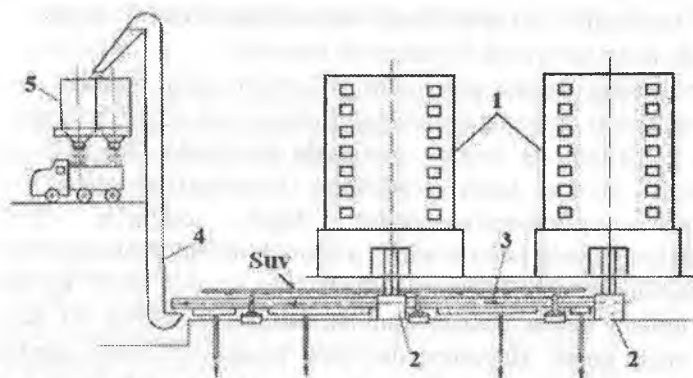


3.10-rasm. Shneklar yordamida kuyundini yo'qotish tizimining tasviri:

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

Sovitkichli shneklarning muhim ustunligi ularning soddaligida, ischanligida, ishlashdagi mustahkamligi, jihozning to'la hermetikligida 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 u birinchi yuvish minorasidagi kislotasi konsentratsiyasining kamayishiga olib keladi.

3.11-rasmda kuyundini yo'qotish uchun sovitkich-quvurli tashuvchi qurilma tasviri keltirilgan. Kuyundi pech tirqishi (1) dan bo'shatish qutilari (2) ga sepiladi, undan davriy ravishda botirib oladigan maxsus cho'michlar yordamida maxsus roliklarda aylanadigan va kichik qiyalikda o'rnatilgan 250-500 mm diametrli quvur (3) ga beriladi. Shu hisobiga kuyundi quvurda bunker (5) ga uzatadigan elevator (4) tomonga harakatlanadi. Tashuvchi quvurning uski sirti suv bilan sovitiladi, shuning uchun kuyundi quvurda 120-140°C haroratgacha soviydi.



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

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

Sovitkich-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 sovitish orqali, shuningdek, sovitkich-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 sovitiladi.

Oxirgi yillarda *gidravlik va pnevmatik usullarda* kuyundini 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 kvv-soatni tashkil qiladi. Bu usulda kuyundini yo'qotish keng tarqalmagan, chunki tindirilgan suv tarkibida oz bo'lsada kislota, temir va mis kuporoslari bo'ladi, ular suv havzalarini ifloslantiradi; suvni neytrallash esa katta sarf-xarajatlar talab etadi. Lekin gidravlik usulda kuyundini yo'qotishning takomillashtirilishi orqali, undan kelajakda keng miqyosda foydalanish 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; aerozolning harakatlanish tezligi 30 m/sek 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 kvv-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

terakligidan ham ko'ra ortiqcha maydalangan bo'ladi. Domnali mayuqlantirish uchun kuyundini tayyorlash uning aglomeratlashidan 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 mumiy 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 yoki 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 kislotasi (100% H ₂ SO ₄)	10
Oltingugurtdan foydalanish darajasi, %	88,5
Quruq kolchedan sarfi (45% S), 1 t H ₂ SO ₄ ga t	0,82
Farkibi, %:	
kolchedandagi oltingugurt	41
kolchedandagi namlik	3
kuyundidagi oltingugurt	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 oltingugurtning 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:

$$\chi = \frac{C_{S(\text{nazariy})} - (1 - \varphi)C_{S(\text{amalda})}}{C_{S(\text{nazariy})} - (1 - \varphi)C_{S(\text{kuyundi})}}$$

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:

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

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:

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

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

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

3.5-jadval

VKZ pechlarida kolchedanni kuydirishdagi pech bo‘linmasining moddiy balansi (10 t/soat H₂SO₄ 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 namlik	255	317	SO ₃	470	130
			O ₂	3180	2220
			N ₂	26850	21460
			H ₂ O	530	660
Hammasi	44700	27517	Hammasi	44700	26800

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

3.6-jadval

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.

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

Boshlang‘ich keltirilgan ma‘lumotlarga ayrim o‘zgarishlar kiritish orqali keltirilgan sxema bo‘yicha qaynovchi qatlam pechi

bilan jihozlangan pech bo'linmasining hisoblanganda quyuni gazining tarkibi ham o'zgaradi. 3.6-jadvalda boshlang'ich ma'lumotlardagi quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirilgandagi qaynovchi qatlam pechi quyuni gazining tarkibi keltirilgan:

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:

3.7-jadval

VKZ pechlarida kolchedanni kuydirishdagi pech bo'linmasining issiqlik balansini

Kirimga 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

- 1) Hisoblash formulalarida kirim issiqligini hisoblashdagi kattaliklar: 0,13 va 1 – kolchedan va suvning solishtirma issiqlik sig‘imlari kkal/(kg·grad); kattaliklar: 0,31 va 0,36 – quruq kolchedan va suv bug‘ining hajmiy issiqlik sig‘imlari kkal/(m³·grad); Q_5 – 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).

4-§. Oltिंगugurt va gazzimon xomashyolarni yoqish pechlari

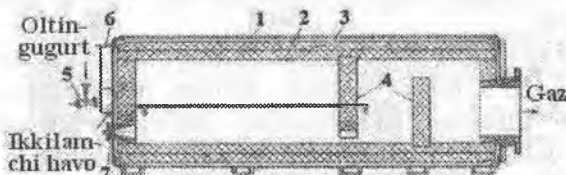
Oltिंगugurtни yoqish pechlari. Sulfat kislota va sellyuloza-qog‘oz ishlab chiqarish sanoatlarida oltिंगugurtни yoqish uchun har xil tuzilishdagi pechlar ishlatiladi. To‘zg‘itilgan holatida oltिंगugurtни yoqish uchun pechlar nisbatan takomillashgan va unumdordir. Bunday pechlarda ishlash oson boshqariladi,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

To‘zg‘itilgan holatida oltिंगugurtни yoqish uchun pech (3.12-rasm) o‘tga chidamli g‘ishtlar (2) bilan niqoblangan gorizontal (diametri 3,4 m, uzunligi 10,5 m bo‘lgan) po‘lat silindr (1) ko‘rinishida bo‘ladi. Suyuqlantirilgan oltिंगugurt pechda joylashtirilgan ikkita forsunkalar (5) orqali beriladi. Oltिंगugurtning 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‘siq (4) bo‘ladi. Pechni toblash oltिंगugurt uchun forsunkalar ostidagi neftli yoki gazli forsunka (7) yordamida amalga oshiriladi. Yuqori haroratdagi pechda oltिंगugurt to‘la yonadi, bunda yonayotgan oltिंगugurt mash‘alasi hosil bo‘ladi. Oltिंगugurt bug‘ining yonishi pechning butun hajmida sodir bo‘ladi va to‘siqlar (4) hosil qilgan kamerada tugallanadi, u yerga ham qo‘shimcha havo beriladi.

Oltिंगugurtни oldindan suyuqlantirish suyuqlantirgichda amalga oshiriladi. Suyuqlantirgich po‘latdan tayyorlangan to‘g‘ri to‘rtbur-chakli yashik shaklida bo‘lib, ichki qismiga bug‘li issiqlik

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

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

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

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

1 t sulfat kislota 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:

$$m = \frac{1000g}{3000} = \frac{1000 \cdot 0.172}{3000} = 0,057 \text{ g/m}^3$$

ga teng bo'ladi.

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

Suyuqlantirilgan oltinugurtdan qattiq va organik qo'shimchalar uni tindirish yo'li bilan ajratiladi, so'ngra pechga berishdan oldin suyuqlanma filtrlanadi. Filtrlashdan oldin suyuqlanmaga to'rdada filtrlovchi qatlam hosil qiluvchi (1 t oltinugurtga 0,3-0,5 kg miqdorida) diatomit qo'shiladi. Ayrim hollarda oltinugurtga uning tarkibidagi kislotali qo'shimchalarni neytrallash va korroziyaning oldini olish maqsadida ohak (1 t oltinugurtga 0,15 kg) qo'shiladi.

AQSHdagi zavodlarda, ayrim hollarda, oltinugurtning 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.

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

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

Oltinugurt yondirish uchun qaynovchi qatlamli pech xuddi kolchedanni kuydirishdagi qaynovchi qatlam pechi singari qurilmadir. Pechga maxsus solingan yirik qum zarrachalaridan qaynovchi qatlam hosil qilinadi. Pechga qattiq oltinugurt beriladi, shuning uchun suyuqlantirgich, suyuq oltinugurtning uzatish nasoslari, oltinugurtning suyuqlantirish uchun bug' xarajatlari va boshqalarning keragi bo'lmaydi.

Oltinugurtning yondirish uchun pech bo'linmasini ishlatish xarajatlari kolchedanni kuydirishdagiga nisbatan arzonidir, chunki amalda kuyundini yo'qotishga sarflanadigan xarajatlar kerak bo'lmaydi, shu tufayli oltinugurtli pechlar yetarlicha soddadir.

Vodorod sulfidni yoqish pechlari. Bunday pech po'latdan tayyorlangan silindrik qozon ko'rinishida bo'ladi, uning ichki qismi

o'ziga 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 SO₂ 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 xavfi 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, H₂S 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 kislotaga 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 $\text{mj}/(\text{m}^3 \cdot \text{s})$, yoki 150-200 ming $\text{kkal}/(\text{m}^3 \cdot \text{s})$ deb qabul qilinadi.

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

3.8-jadvaldan ko'rinadiki, umumiy issiqlikning 52-65% qismi oltिंगugurtli xomashyolarni kuydirilishidan ajralib chiqadi, shuning uchun pech bo'linmasida birinchi navbatda ajraladigan issiqlikdan foydalanishni yo'lga qo'yishni nazarda tutiladi. Vaholanki, 1 t H_2SO_4 olish uchun 50-100 kvt·s elektroenergiya sarflanadi, bunda sulfat kislotaga 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 kislotaga ishlab chiqarishda 1,2 t gacha bug' olinadi, ya'ni ajraladigan issiqlikning qariyb 46% miqdoridan foydalaniladi. Shunday qilib, sulfat kislotaga ishlab chiqarish sanoatlari energiya ta'minotchisiga ham aylanishi mumkin, natijada sulfat kislotaga tannarxi keskin pasayadi.

3.8-jadval

1 t H_2SO_4 olishda ajralib chiqadigan energiya miqdori
(SI sistemasiga hisoblash koeffitsiyenti: $\text{kkal} \times 4,19 = \text{kJ}$)

Ko'rsatkichlar	Kolchedan	Oltिंगugurt	Vodorod sulfid
Xomashyoning yondirilishidan ajraladigan issiqlik, mln kkal	1,04	0,72	1,26
SO_2 ni kislotaga qayta ishlanishidan ajraladigan issiqlik, mln kkal	0,66	0,66	0,66
Hammasi	1,70	1,38	1,92

SO_2 ning kontaktlanish va sulfat kislotaga hosil bo'lish issiqliklaridan qo'shimcha foydalanishda (bu yo'nalishlarda izlanishlar olib borilmoqda) issiqlikdan foydalanish ulushi ortadi va sulfat kislotaga ishlab chiqarish yanada iqtisodiy jihatdan tejamliroq bo'ladi.

Chang holatida va qaynovchi qatlam pechlarida kolchedanni kuydirishda, shuningdek, oltिंगugurtni yoqishda pechdan chiqadigan

gazning harorati $800-1000^{\circ}\text{C}$ 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 v.h.) 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/m^3 gacha, chang holatida kuydirish pechlarida 20 dan 100 g/m^3 gacha, qaynovchi qatlam pechlarida esa 50 dan 200 g/m^3 gacha (gaz hajmlari normal sharoitga keltirilgan deb hisoblanganda) bo'ladi.

Changlarning kimyoviy tarkibi amalda kuyundi tarkibidan farqlanmaydi, kuyundi chang zarrachalarining zichligi qariyib 3 g/sm^3 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 chang 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 asoslangan.

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/m^2 ; ρ_2 gazning zichligi, kg/m^3 ; g – og'irlik kuchining tezlanishi, m/sek^2 ; μ – gazning dinamik qovushqoqligi, $\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{sek})$.

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:

$$w = \frac{d^2\rho_1g}{18\mu}$$

1 mm dan kichik diametrli zarrachalar uchun bu formulaga gazdagi molekularlar harakat uzunligini hisobga oladigan koeffitsiyentni ko'paytirish 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 birmahli formula orqali hisoblangan ma'lumotlar keltirilgan. Bunda $\rho_1 = 1000 \text{ kg/m}^3$, havoning harorati 20°C va qovushqoqligi $\mu = 1,9 \cdot 10^{-7} \text{ kg/m sek}$ etib belgilangan.

3.9-jadval

Havodagi kuyundi changning cho'kish tezligi

Zarrachalar diametri		Cho'kish tezligi	
mm	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	$3,2 \cdot 10^5$

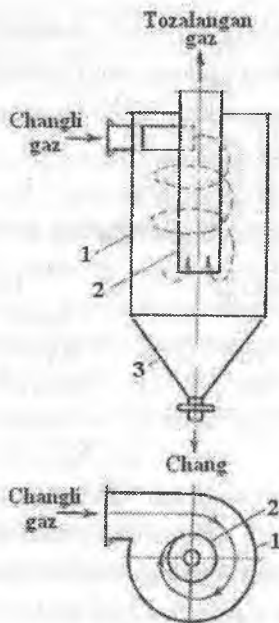
Markazdan qochma kuch ta'sirida changni cho'ktirish, zarrachaning R diametrli aylana bo'yicha aylanadigan markazdan qochma kuch maydonida bo'lishiga asoslangan. Sharsimon shakldagi zarrachaning bu kuch ta'sirida cho'kish tezligi w_1 (m/sek da) quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

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

bu yerda: d – zarracha diametri, m; ρ – zarracha zichligi, kg/m^3 ; v – oqimning aylanma harakati, m/sek; R – aylanish radiusi, m; μ – gazning dinamik qovushqoqligi, kg/(m \cdot sek) .

Markazdan qochma kuch ta'sirida 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 bo'yicha aylanadi. Chang zarrachalari w tezlikda radial harakatlanadi, siklon devoriga urilib, uning sirtidan pastga – bunkerga tushadi. Tozalangan gaz esa markaziy quvur orqali yuqoridan chiqadi.



3.13-rasm. Siklon:

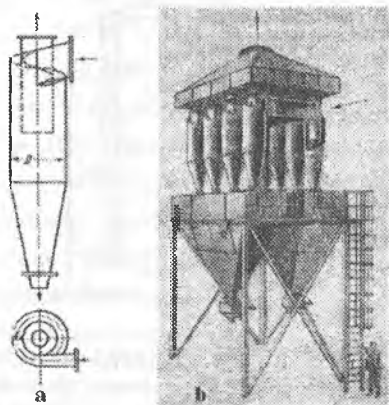
1 – tashqi silindr; 2 – ichki silindr; 3 – konussimon bunker

Yuqoridagi formuladan ko‘rinadiki, siklonning unumdorligi undagi gazning tezligi ortishi bilan ko‘tariladi. Lekin, shu bilan bir vaqtda, siklonning gidravlik qarshiligi ham ortadi va uning sirtiga o‘tirib qolgan changning ma‘lum qismini uchirib gaz bilan olib chiqib ketadi.

Siklonlardagi gazning tezligini 7-20 m/sek etib belgilangan, bunda gidravlik qarshilik 400 n/m^2 (~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 bo‘ladigan kuyundi gazlari tarkibidagi changni tozalashning birinchi bosqichida ishlatiladi. NIIOGAZ siklonlari batareyasidan iborat chang tutgich qurilmani tayyorlashda $1000 \text{ m}^2/\text{s}$ tozalanadigan gaz uchun 100-150 kg metall sarflanadi.

Tozalash koeffitsiyenti (tozalangan va iflos gazdagi chang miqdorlarining nisbati) changdagi zarrachalar o‘lchamiga bog‘liqdir (3.10-jadval).



3.14-rasm. NIOGAZ siklonlarining ishchi holatda joylanishi:

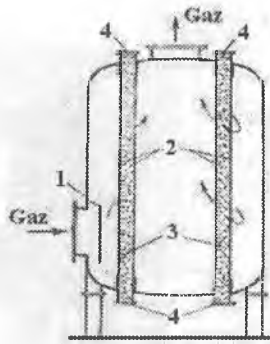
a – bittalik siklon; b – siklonlar batareyasi

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

3.10-jadval

SN-15 turidagi NIOGAZ siklonlarida gazlarni changdan tozalashning taxminiy koeffitsiyentlari

Siklon diametri D , mm	Zarrachalarning shartli diametri, mkm		
	5	10	20
	Tozalash koeffitsiyenti, %		
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-rasm. Donador filtrlovchi materialli filtr:

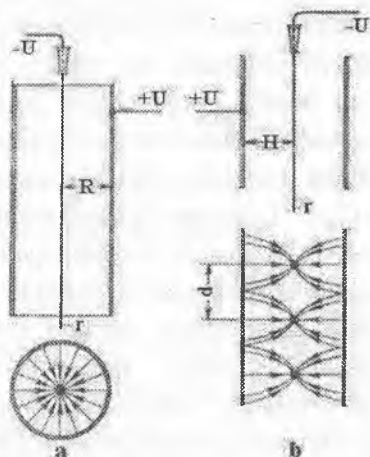
- 1 – taqsimlash plitasi; 2 – to‘r; 3 – donador filtrlovchi material;
4 – materialni chiqarish va solish qopqoqli tuynuk (lyuk)lari

Gaz jihozning pastki yon tarafidagi qisqa quvurdan kiradi va filtrlash yuzasiga plita (1) orqali taqsimlanadi. Filtrllovchi 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 filtdan bo‘shatish va yangi filtrlovchi materialni filtrga solish, uning yuqorisidagi va pastidagi qopqoqli tuynuk (lyuk) (4) lar orqali juda tez amalga oshiriladi. Gazni changdan mexanik tozalash yetarlicha sodda, lekin tozalash koeffitsiyenti 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'r bilan qoplangan quvur ichiga 70000-100000 volt kuchlanishli doimiy tok mashinasining manfiy qismiga ulangan tojsimon elektrod joylashtirilgan (3.16 a-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.



3.16-rasm. Quruq elektrofiltrlar tizimining tasviri:

a – quvurli elektrofiltr; *b* – plastinkali elektrofiltr (strelkalar bilan elektronlar oqimining yo‘nalishi ko‘rsatilgan); U – elektrodلarga beriladigan kuchlanish; R – quvurli cho‘ktiruvchi elektrod radiusi; r – tojsimon elektrod (sim) radiusi; H – sim va plastinkali elektrod orasidagi masofa; p – simlar orasidagi masofa

Plastinkali elektrofiltrlarda cho‘ktiruvchi elektrod vazifasini plastinkalar bajaradi. Tojsimon elektrodلar plastinkalar orasiga bir-biridan va plastinkadan bir xil masofada joylashgan qator simlar tarzida joylashtiriladi (3.16 b-rasm).

Elektrofiltrlarda gazلarning 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.

Tojsimon elektrod yaqinida yuzaga keladigan gazlarni uncha katta bo‘lmagan bo‘shliqdagi ionlanish maydoni toj maydoni deyiladi. Bu maydonda xarakterli chaqnash va tovush hosil bo‘ladi. Toj maydonida musbat va manfiy zaryadlangan ionlar bo‘ladi; chang zarrachalari bilan to‘qnashib, ionlar ularni zaryadlaydi. Zaryadlangan chang zarrachalari elektr maydoni ta’sirida qarama-qarshi zaryadli elektrodlar sirtiga tortiladi. Tojsimon elektrod manfiy zaryadli bo‘ladi va undan quvur devori sirtiga manfiy zaryadlangan chang zarrachalari harakatlanadi. Oz miqdordagi changlar toj maydonida musbat zaryadli zarrachalar hosil qiladi va tojsimon elektrod sirtida cho‘kadi. Toj maydonidan tashqaridagi chang zarrachalari faqat manfiy zaryadlanishi mumkin, buning natijasida quvur devorlari tomon harakatlanadi, u yerda changning asosiy miqdori cho‘kadi.

Elektrofiltrdagi asosiy kuch zarrachalar zaryadiga ta’sir etadigan elektr maydoni kuchi hisoblanadi. Shu ta’sir tufayli zarrachalar cho‘ktiruvchi elektrod tomonga harakatlanadi. 1 dan 50 mkm gacha radiusli zarrachalarning nazariy harakat tezligi (dreyf) quyidagi nazariy tenglama bo‘yicha (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. Elektrofiltrdagi zarrachalarning amaldagi

harakat tezligi yuqoridagi hisoblashdan olingan qiymatga nisbatan taxminan 2 marta kichik bo'ladi.

Elektrofiltrdagi 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 – elektrofiltr o'lchamini va elektrofiltrdagi gazning tezligini xarakterlaydigan koeffitsiyent.

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

- quvurli elektrofiltrlar uchun $f = \frac{2L}{vR}$
- plastinkali elektrofiltrlar uchun $f = \frac{L}{vH}$
- olti qirrali cho'ktiruvchi elektrodlar

elektrofiltrlar uchun $f = \frac{LH}{vQ}$

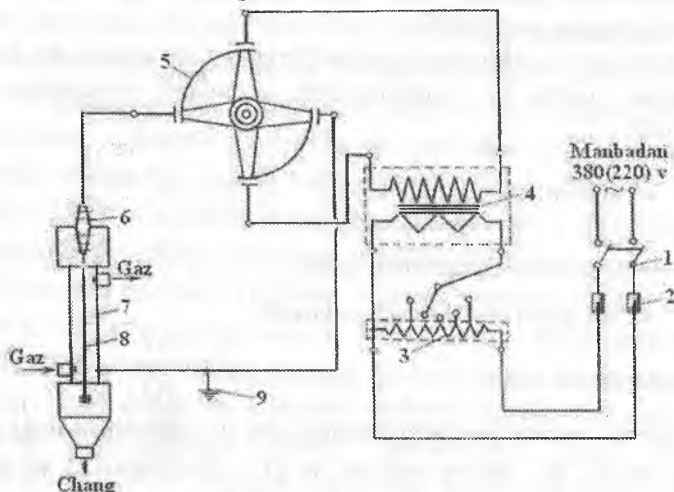
bu yerda: L – elektr maydoni uzunligi, m; v – elektrofiltrdagi gazning tezligi, m/sek; R – quvur radiusi, m; H – cho'ktiruvchi va tojsimon elektrodlar orasidagi masofa, m; S – cho'ktiruvchi elektrodning faol perimetri (uning geometrik shakliga bog'liq), m; Q – cho'ktiruvchi elektrod ko'ndalang kesimining 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 elektrodga chang qatlamining o'tirib qolishi ularning diametrini oshiradi va natijada toj hosil bo'lish sharoitini

yomonlashtiradi, shunga bogʻliq holda elektrodlardan changni doimo tozalab turish lozim boʻladi.

Elektrofiltrga kiradigan gazning changliliği (changlanishning maʼlum chegarasigacha) uning elektrofiltrda tozalanish darajasiga bogʻliq emas. Ammo gazdagi changning miqdori juda ham koʻp boʻlsa va, ayniqsa, elektrofiltrda gaz oqimi katta tezlikda boʻlgan 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:

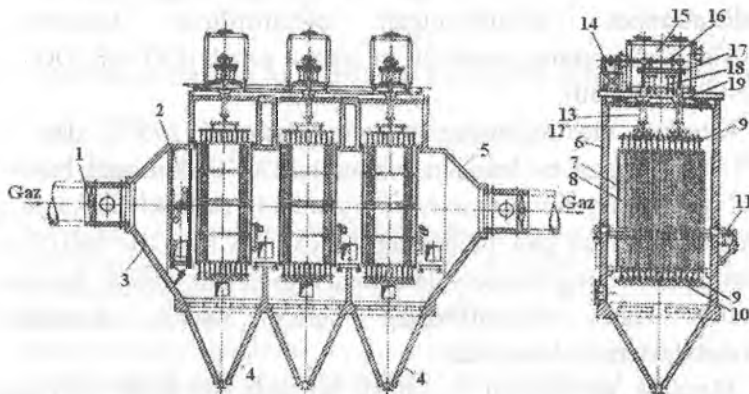
- 1 – elektr ulab-uzgich; 2 – elektr saqlagich; 3 – kuchlanishni boshqargich; 4 – kuchaytiruvchi transformator; 5 – voltli toʻgʻrilagich; 6 – muhofazalagich (izolyator); 7 – choʻktiruvchi elektrod; 8 – tojsimon elektrod; 9 – yerga uzatgich

Elektrik tozalash qurilma manbasi uchun yuqori kuchlanishli tokning maxsus toʻgʻrilagichda toʻgʻrilash yoʻli bilan hosil qilinadigan doimiy tok kerak boʻladi. Tarmoqdagi kuchlanish (220-380 v) transformator (4) orqali 80-100 ming voltgacha oshiriladi, soʻngra yuqori kuchlanishli oʻzgaruvchan tok yuqori voltli toʻgʻrilagich (5) ga uzatiladi, bu yerdan toʻgʻrilangan (doimiy) tok elektrofiltrga oʻtadi. Tojsimon elektrodlar (8) toʻgʻrilagich (5) ning manfiy manbasiga ulanadi, choʻktiruvchi elektrodlar esa toʻgʻrilagichning musbat manbasi sifatida yerga ulanadi. Shunday qilib, elektrofiltrning

elektrodlarida kuchlanishni moslashtirish orqali ular orasida kuchli elektr maydoni hosil qilinadi.

Gazlarni quyindi 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.

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 simdan 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.



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 elektrarakatlantirgichi; 12 – tojsimon elektrod yuqori ramasining osmasi; 13 – kvarslar quvurlari; 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

Tojsimon elektrodlar – kvarsli quvur (13) lar bilan muhofaza qilinadigan, osma (12) ga biriktirilgan ustki rama (9) ga 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 gorizontalar 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 elektrofiltr uchta maydon va 8 m^2 gaz o'tish yuzasiga ega bo'ladi. Mamlakatimizda ishlatilayotgan elektrofiltrlar kamerasining 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'lmasligi 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 $0,7-1,2 \text{ m/sek}$ bo'lganda OG-3 turidagi elektrofiltrlarda changdan 100 mg/m^3 gacha, qaynovchi qatlam pechlaridan chiqadigan gazlar esa $100-200 \text{ mg/m}^3$ gacha tozalanadi. Gazlarning tarkibida $50-100 \text{ mg/m}^3$ chang qolungacha juda yaxshi tozalanish 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, °C	400					
Gazning qovushqoqligi μ , g/(sm·sek)	$3,3 \cdot 10^{-4}$					
Elektrofiltrga kiradigan gaz tezligi z_0 , m/sek	20					
Chang zarrachasining o'rtacha radiusi r , mk	2,5	7,5	15	20	30	40
Funksiyali 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 (°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 (°C)	15
10. Qaynovchi qatlam harorati (°C)	830
11. Gazlarning pechdan chiqishdagi harorati (°C)	820
12. Kuyundini pechdan chiqarib olishdagi harorati (°C)	820

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

- 1 – shartli 45% li kolchedan;
- 2 – nam kolchedan;
- 3 – quruq kolchedan;
- 4 – havo;
- 5 – quruq kuyundi gazidagi sulfit anhidrid;
- 6 – quruq kuyundi gazidagi sulfat anhidrid;
- 7 – quruq kuyundi gazi;
- 8 – nam kuyundi gazi;
- 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 qismining ko'rilayotganligini ifodalaydi. Bunday indenesning bo'lmasligi chapdagi yuqori indeks bilan aniqlanadiganlarning barchasini ifodalaydi. Masalan, 4m – nam havo massasi, $^4m_{O_2}$ – havodagi kislorod massasi.

Moddiy hisob:

1) Quruq kolchedan sarfi

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

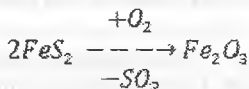
2) Nam kolchedan sarfi

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

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) Kuyundi 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 oltingugurtning 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:

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

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:

$${}^6V = \frac{({}^5V + {}^6V) \cdot {}^7c_{SO_2}}{{}^7c_{SO_2} + {}^7c_{SO_3}} = \frac{2530 \cdot 0,2}{13,6 + 0,1} = 18,5 \text{ nm}^3/\text{soat}$$

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:

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

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:

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

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

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) quyindi gazdagi SO_2 va SO_3 konsentratsiyasi, d) sarflangan kislorod mol sonini hosil bo'ladigan SO_2 va SO_3 mol soniga stexiometrik nisbati. Bu kattaliklarni formulaga kiritishda shuni nazarda tutish kerakki, O_2 , SO_2 va SO_3 larning real molyar hajmi bir-biriga teng bo'lmaydi.

Belgilab olamiz: n – quruq gazdagi O_2 konsentratsiyasi, hajmiy %; P_{SO_2} – sarflangan kislorod mol sonini hosil bo'ladigan SO_2 soniga stexiometrik nisbati; P_{SO_3} – sarflangan kislorod mol sonini hosil bo'ladigan SO_3 soniga stexiometrik nisbati; $K_{SO_2} = \frac{V_{O_2}}{V_{SO_2}}$ – O_2 va SO_2 molyar hajmlari nisbati; $K_{SO_3} = \frac{V_{O_2}}{V_{SO_3}}$ – O_2 va SO_3 molyar hajmlari nisbati.

100 hajm quruq quyindi gazi hosil bo'lishida:

$$100 - \gamma_{c_{SO_2}} + P_{SO_2} \cdot K_{SO_2} \cdot \gamma_{c_{SO_2}} - \gamma_{c_{SO_3}} + P_{SO_3} \cdot K_{SO_3} \cdot \gamma_{c_{SO_3}} =$$

$$= 100 + (P_{SO_2} \cdot K_{SO_2} - 1) \cdot \gamma_{c_{SO_2}} + (P_{SO_3} \cdot K_{SO_3} - 1) \cdot \gamma_{c_{SO_3}}$$

hajmdagi gaz chiqib ketadi, uning tarkibida:

$$\frac{n}{100} [100 + (P_{SO_2} \cdot K_{SO_2} - 1) \cdot \gamma_{c_{SO_2}} + (P_{SO_3} \cdot K_{SO_3} - 1) \cdot \gamma_{c_{SO_3}}]$$

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

$$P_{SO_2} \cdot K_{SO_2} \cdot \gamma_{c_{SO_2}} + P_{SO_3} \cdot K_{SO_3} \cdot \gamma_{c_{SO_3}}$$

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

$$\gamma_{c_{SO_2}} = \frac{n}{100} [100 + (P_{SO_2} \cdot K_{SO_2} - 1) \cdot \gamma_{c_{SO_2}} + (P_{SO_3} \cdot K_{SO_3} - 1) \cdot \gamma_{c_{SO_3}}] -$$

$$- P_{SO_2} \cdot K_{SO_2} \cdot \gamma_{c_{SO_2}} - P_{SO_3} \cdot K_{SO_3} \cdot \gamma_{c_{SO_3}} =$$

$$n - \left[\left(1 - \frac{n}{100} \right) \cdot P_{SO_2} \cdot K_{SO_2} + \frac{n}{100} \right] \cdot \gamma_{c_{SO_2}}$$

$$- \left[\left(1 - \frac{n}{100} \right) \cdot P_{SO_3} \cdot K_{SO_3} + \frac{n}{100} \right] \cdot \gamma_{c_{SO_3}}$$

Formulani soddalashtirish uchun P_{SO_2} va P_{SO_3} 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 $P_{SO_2} = P_{SO_2} + 0,5$. Boshqa tomondan, agar SO_3 pechda SO_2 dan $2SO_2 + O_2 = 2SO_3$ reaksiyaga muvofiq hosil bo'ladi deb qaralsa, bu holda $P_{SO_3} = P_{SO_2} + 0,5$ bo'ladi. K_{SO_2} va K_{SO_3} larning son qiymati tegishli molyar hajrlardan topiladi:

$$K_{SO_2} = \frac{V_{O_2}}{V_{SO_2}} = \frac{22,393}{21,895} = 1,023 \text{ va}$$

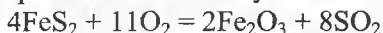
$$K_{SO_3} = \frac{V_{O_2}}{V_{SO_3}} = \frac{22,393}{22,416} = 0,999$$

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

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

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:

$${}^7v_{CO_2} = \frac{{}^7v \cdot {}^7c_{CO_2}}{100} = \frac{18466 \cdot 2,87}{100} = 530 \text{ nm}^3/\text{soat}$$

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

- 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:

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

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

- 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:

$${}^4m_{H_2O} = {}^4m_{quruq} \cdot d = 25216 \cdot 0,0036 = 91 \text{ kg/soat.}$$

- 17) Nam havo miqdori:

$${}^4m = {}^4m_{quruq} + {}^4m_{H_2O} = 25216 + 101 = 25307 \text{ kg/soat,}$$

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

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

- 18) Kuyundi gazidagi suv bug'i miqdori:

$${}^8m_{H_2O} = {}^2m_{H_2O} + {}^4m_{H_2O} = (9118 - 8844) + 91 = 365$$

$$\text{kg/soat.}$$

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

- 19) Kuyundi gazining umumiy miqdori:

$${}^8m = {}^5m + {}^6m + {}^7m_{O_2} + {}^7m_{N_2} + {}^8m_{H_2O} =$$

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

- 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, quyidagicha hisoblaymiz:

a) gaz bilan chiqib ketadigan chang miqdori:

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

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

$${}^{10}m = ({}^9m + {}^{10}m) - {}^8m = 6527 - 5874 = 653 \text{ kg/soat}.$$

Quyuvchi 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 kolchedan	8844	sulfat			
kolchedan		angidrid	66	18,5	0,10
namligi	274	sulfit			
Jami:	9118	angidrid	7348	2511	13,27
		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:		Kuyundi:			
quruq havo	25216	gaz bilan chiqadigan chang	5874	—	—
havo namligi	91	yirik kuyundi	653	—	—
Jami:	25307	Jami:	6527	—	—
Hammasi:	34425	Hammasi:	34425	18920	—

Issiqlik hisobi

Issiqlik kirimi

1) SO₂ hosil bo'lish reaksiya issiqligi. SO₂ hosil bo'lish reaksiyasi issiqlik effektini standart entalpiya bo'yicha topamiz:

$$\Delta H_{FeS_2} = -177,40 \text{ kJ/mol}; \Delta H_{O_2} = 0;$$

$$\Delta H_{Fe_2O_3} = -821,32 \text{ kJ/mol}; \Delta H_{SO_2} = -296,90 \text{ kJ/mol}.$$

4FeS₂ + 11O₂ = 2Fe₂O₃ + 8SO₂ reaksiyasi uchun:

$$q_1 = -\Delta H_1 = -(2\Delta H_{Fe_2O_3} + 8\Delta H_{SO_2} - 4\Delta H_{FeS_2} - 11\Delta H_{O_2}).$$

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

$$-(-3308,24) = 3308 \text{ kJ},$$

bu yerda: q₁ – reaksiya issiqlik effekti, kJ;

ΔH₁ – entalpiya o'zgarishi, kJ.

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

$$q_{SO_2} = \frac{q_1 \cdot 1000}{4 \cdot 2 \cdot A_c} = \frac{3308 \cdot 1000}{4 \cdot 2 \cdot 32,066} = 12900 \text{ kJ/kg oltingugurt bo'ladi.}$$

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

5m_S kg oltingugurt yonganda:

$${}^5Q = {}^5m_S \cdot q_{SO_2} = 3678 \cdot 12900 = 47450000 \text{ kJ/soat issiqlik ajralib chiqadi,}$$

bu yerda: 3Q – SO_2 hosil bo'lishida ajralib chiqadigan issiqlik miqdori, kJ/soat.

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

$4FeS_2 + 15O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_3$ reaksiya uchun:

$$q_2 = -\Delta H_2 = -(2\Delta H_{Fe_2O_3} + 8\Delta H_{SO_3} - 4\Delta H_{FeS_2} - 15\Delta H_{O_2}).$$

$$q_1 = -(-2 \cdot 821,32 - 8 \cdot 395,20 + 4 \cdot 177,40 + 15 \cdot 0) = -(-4094,64) = 4095 \text{ kJ.}$$

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):

$$q_{SO_3} = \frac{q_2 \cdot 1000}{4 \cdot 2 \cdot A_c} = \frac{4095 \cdot 1000}{4 \cdot 2 \cdot 32,066} = 16000 \text{ kJ/kg bo'ladi.}$$

6m_S kg oltingugurt yonganda:

$${}^6Q = {}^6m_S \cdot q_{SO_3} = 26 \cdot 16000 = 416000 \text{ kJ/soat issiqlik ajralib chiqadi.}$$

3) Havoning fizik issiqligi.

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

Bundan:

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

4) Quruq kolchedanning fizik issiqligi.

${}^3Q = {}^3m \cdot {}^3c \cdot {}^2t = 8844 \cdot 0,54 \cdot 8 = 38200$ kj/soat,
 bu yerda: 0,54 – quruq kolchedan issiqlik sig‘imi, kj/kg·grad.

5) Kolchedan bilan kiradigan suvning fizik issiqligi.

$${}^2Q - {}^3Q = {}^2m_{H_2O} \cdot {}^2i_{H_2O} = (9118 - 8844) \cdot 33,66 = 9223$$

kj/soat,

bu yerda: ${}^2i_{H_2O} - 20^{\circ}C$ dagi suyuq suv entalpiyasi, kj/kg.

6) Nam kolchedan fizik issiqligi.

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

7) Issiqlikning umumiy kirimi.

$$Q_{\text{kirim}} = {}^5Q + {}^6Q + {}^4Q + {}^2Q = 47450000 + 416000 +$$

$$+ 295000 + 47423 = 48208423$$
 kj/soatni tashkil etadi,

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

Issiqlik sarfi

1) Nam kuyundi gazi fizik issiqligi:

$${}^5Q = ({}^8m_{SO_2} \cdot {}^8c_{SO_2} + {}^8m_{SO_3} \cdot {}^8c_{SO_3} +$$

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

$${}^5Q = (7348 \cdot 0,768 + 66 \cdot 0,887 + 757 \cdot 1,019 +$$

$$+ 19362 \cdot 1,102) \cdot 820 + 365 \cdot 4204 = 24339000$$
 kj/kg.

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

$${}^9\bar{s} = {}^{10}\bar{s} = 0,6096 + 0,000788 \cdot t$$
 kj/kg·grad.

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

$${}^9\bar{s} = 0,6096 + 0,000788 \cdot 820 = 1,256$$
 kj/kg·grad.

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

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

3) Changli kuyundi gazi fizik issiqligi:

$${}^8Q + {}^9Q = 24339000 + 6050000 = 30389000$$
 kj/soat.

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

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

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

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

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

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

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

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

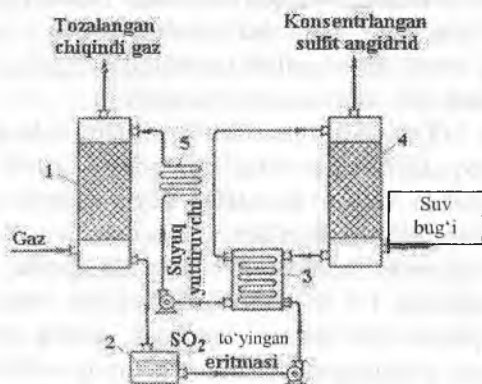
6-§. Konsentrlangan sulfid angidrid olish

Sulfid angidridni konsentrlashning suvli siklik usuli. Konsentrlangan gaz va suyuq holatdagi sulfid angidrid sanoatda sulfidlar olish uchun, yuvuvchi vositalar ishlab chiqarishda, sovitchiklar texnikasida va boshqa ishlab chiqarish tarmoqlarida ishlatiladi. Bunday maqsadlarda ishlatiladigan sulfid angidrid asosan

chiqindi gazlaridan, qisman esa kolchedan va oltingugurt kuydirishda foydalanadigan kuyundi gazlarining konsentrlanishidan olinadi.

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

Tarkibida SO_2 tutgan gaz yuttiruvchi eritma bilan suyuqlik taqsimlanadigan minora (1) orqali o'tadi. U yerda gazdan sulfit anhidrid ajratib olinadi, shundan so'ng qolgan tozalangan (parasizlantirilgan) gaz atmosferaga chiqarib yuboriladi. Sulfit anhidrid bilan to'yingan yuttiruvchi eritma issiqlik almashtirgich (3) jihozida minora (4) da SO_2 dan tozalangan eritmaning issiqligi bilan qizdiriladi. Shunday yo'l bilan qizdirilgan yuttiruvchi eritma minora (4) ga suyuqlikni taqsimlashga yuboriladi, minoraning ostki qismidan esa qaynoq bug' beriladi. Minora (4) da eritmadan ajraladigan sulfit anhidrid u bilan minoradan birga chiqadigan suv bug'idan quritish orqali tozalanadi. So'ngra konsentrlangan sulfit anhidrid suyuqlantirish uchun siqiladi yoki to'g'ridan to'g'ri gaz holatda ishlatiladi. SO_2 dan tozalangan eritma esa dastlab issiqlik almashtirgich (3) da, so'ngra esa sovitkich (5) da sovitiladi va absorbsiyalash minorasi (1) ga suyuqlikni taqsimlash uchun qaytariladi.



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

- 1 – absorbsiya minorasi; 2 – to'yingan yuttiruvchi eritma yig'ichi; 3 – issiqlik almashtirgich; 4 – konsentrlangan sulfit anhidridni ajratib olish uchun desorbsiya minorasi; 5 – sovitkich

Agar 100% li sulfid anhidrid talab etilmasa, SO_2 ni yuttiruvchi eritmadan qizdirilgan havo oqimida haydash orqali ajratib olinadi, bu esa sulfid anhidridni 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 sulfid anhidridning absorbentlari sifatida suv, soda eritmaları, ammoniy sulfid va bisulfidlar, 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.

Sulfid anhidridni 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 eritmadan yo'qotish kerak. Absorbent ustidagi uning bug' bosimi unchalik katta bo'lmasligi lozim, chunki aks holda erituvchi bug'larini tutib qolish kerakligiga bog'liq holda SO_2 ning absorbsiyalanish jarayoni murakkablashadi.

Amalda SO_2 absorbsiyasi 24-45°C haroratda o'tkaziladi. Sulfid anhidridni haydashda haroratni ko'tarib boriladi va desorbsiya oxirigacha borishi uchun haroratni deyarli yuttiruvchi eritmaning qaynash haroratigacha yetkaziladi.

Sulfid anhidridni 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 oltingugurt dioksid erishining solishtirma issiqligiga hamda hosil qilingan konsentrlangan gazdagi SO_2 va suv bug'ining nisbatiga bog'liqdir.

Sulfid anhidridni 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 kislotaga hosil qilishi bilan eriydi:



Eritma qizdirilganda sulfit kislotasi bilan ajratish bilan parchalanadi.

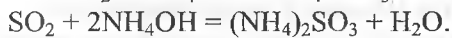
Absorbsiyalashga sarflanadigan suvning haqiqiy sarfi doimo nazariy hisobdagiga nisbatan ko'p bo'ladi, chunki muvozanatga yaqin haroida jarayon sekinlashadi (absorbsiyaning harakatlantiruvchi kuchi kamayadi).

SO₂ ning suvli eritmasi 100°C haroratgacha qizdirilganda, sulfit anhidrid eritmadan amalda to'la haydaladi va gazdan suv bug'lari kondensasiyalangandan so'ng deyarli 100% li sulfit anhidrid olinadi.

Sulfit anhidridni 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 sulfit anhidridni konsentrlashda suvni eng yaxshi yuttiruvchi deb hisoblab bo'lmaydi. Suvda SO₂ ning kam erishi tufayli uning ko'p miqdorda ishlatilishiga to'g'ri keladi, bu esa bug'ning ko'p miqdorda sarflanishiga olib keladi.

Sulfit anhidridni konsentrlashning ammiakli siklik usuli.

Sulfit anhidridni konsentrlashning ammiakli siklik usuli sanoatda keng qo'llaniladi. Bu usulda SO₂ ammiakning suvli eritmasi (ammiakli suv) ga yuttiriladi. SO₂ ning ammiak bilan suvli eritmada ta'sirlashishi natijasida ammoniy bisulfit va sulfitlar hosil bo'ladi:



Bu tuzlar suvda yaxshi eriydi va shuning uchun yuttiruvchi eritmalaridagi SO₂ ning miqdori ancha yuqori bo'lishi mumkin. Ammiakli suvni sulfit anhidrid bilan to'yintirilishidan olingan eritmada SO₂ ning 25°C haroratdagi muvozanat miqdori quyidagilarni tashkil etadi:

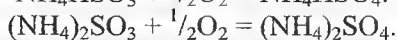
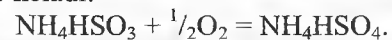
Keladigan gazdagi SO ₂ miqdori, hajmiy %	7	3	1	0,25
Eritmadagi SO ₂ ning muvozanat miqdori, g/l	630	625	615	580

Bu eritma qizdirilganda dastlab SO₂, so'ngra SO₂ va NH₃ dan iborat aralashma, keyingi qizdirish natijasida esa deyarli NH₃

haydaladi. Agar ammoniy sulfitlar eritmasi hattoki qaynash haroratigacha qizdirilganda ham eritma tarkibidagi faqat SO₂ haydaladi.

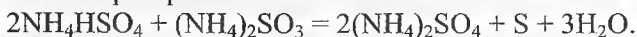
Shuning uchun bu eritmaning sig'imi uning SO₂ ga to'yinishida ham anchagina kichik bo'ladi.

Ammiakli usulning kamchiligi shundan iboratki, gazda kislorodning ishtirok etishi ammoniy sulfitlarining sulfatlargacha 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.

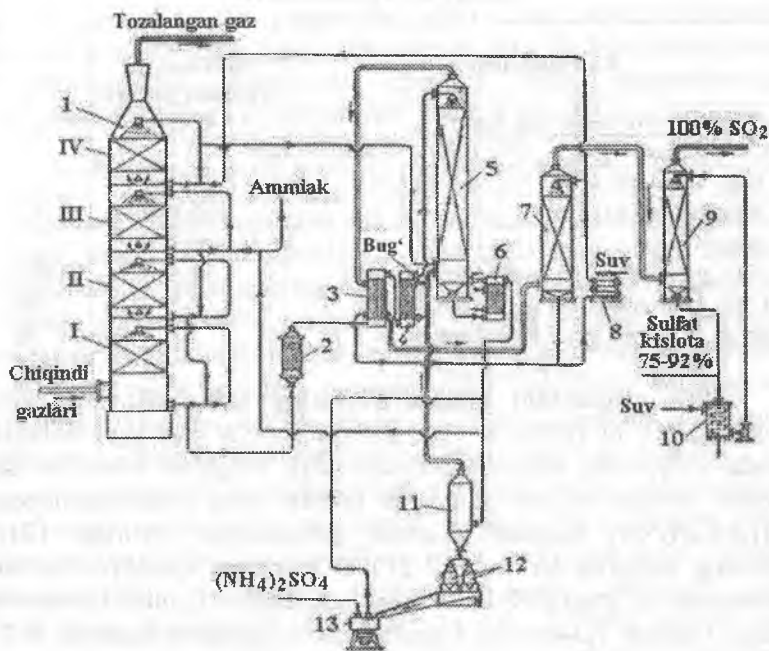
Suv-ammiakli eritmada ammoniy sulfit va bisulfitlarning eruvchanligi ammoniy sulfat ishtirokida kamayadi, buning natijasida esa eritma sig'imi ham amalda pasayadi. Eritmada ammoniy sulfatning ko'p miqdorda to'planishi oltingugurt dioksidning eritmaga absorbsiyalanishini yo'qotadi. Shuning uchun kristallantirish 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 sovitilgandan va changdan tozalangandan so'ng to'rtta bo'linmadan iborat absorbsiya minorasi (1) ga 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'qolishining oldini olish maqsadida ammiak qo'shiladi. Yuttiruvchi eritma pastki bo'linma (I) dan sulfit angidridni haydash uchun yuboriladi. Haydashdan oldin eritma filtrlanadi va

plastik kondensator (3) da (haydash minorasi (5) dan keladigan gaz bilan), so'ngra qizdirgich (5) da (bug' bilan) qizdiriladi. Bu minorada haydalgan gaz kondensator (3) da SO_2 desorbsiyasiga ketuvchi eritmani qizdiradi, so'ngra minora (7) da sovitiladi, bu yerda sulfit anhidrid suv bug'ining ko'p qismidan ajratiladi. Minora (7) dan oqib tushadigan suyuqlik suvli sovitkich (8) da sovitiladi, so'ngra uning bir qismi bu minoraga suyuqlikni taqsimlashga, qolgan qismi esa absorbsiya minorasi (1) ning (IV) bo'linmasiga chiqindi gazlaridan ammiakni tutib qolish uchun beriladi. Sovitkich minora (7) dan chiqadigan sulfit anhidrid minora (9) da sulfat kislota bilan quritiladi, shundan so'ng vakuum-nasos yordamida qayta ishlashga yoki qisish uchun yuboriladi.



3.20-rasm. Siklik ammiakli usul bilan sulfit anhidridni 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 – sovitkich minora;
 8,10 – sovitkichlar; 9 – quritish minorasi; 11 – bug'latgich jihozi;
 12 – tuzlarni ajratgichlar; 13 – sentrifuga

Absorbtsiya tizimida to'planadigan ammoniy sulfatni undan chiqarib olish uchun minora (5) dan chiqadigan eritmaning bir qismi bug'latgich jihoz (11) ga uzatiladi, so'ngra jihoz (12) va sentrifuga (13) da bug'latilgan eritmadan ammoniy sulfat ajratiladi.

Bug'latgich jihoz (11) da ajraladigan bug' minora (5) ga yuboriladi.

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

3.11-jadval

Gazlardan SO₂ ni ammiakli siklik absorbtsiyalash jarayonining asosiy ko'rsatkichlari

Ko'rsatkichlar	Rangli metallurgiya chiqindi gazlari	O'txona gazlari
Yuttiruvchi eritma sig'imi, kg/m ³	40-50	30-40
1 t SO ₂ ga sarf:		
bug', mln kkal	2-3	4-6
elektroenergiya, kvт: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

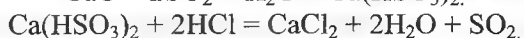
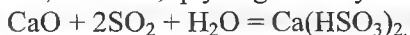
Sulfit angidridni konsentrlashning ksilidinli siklik usuli.
Sanoatda SO₂ ni yuttirish uchun ksilidinli siklik usul ham ishlatiladi; bunda yuttiruvchi eritma vazifasini sulfit anigidrid bilan bir qator beqaror birikmalar hosil qiladigan ksilidin yoki dimetilaminobenzol (CH₃)₂C₆H₃NH₂ bajaradi. Ksilidin (molekulyar og'irligi 121,18) jigarrang suyuqlik bo'lib, 212-213^oC 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^oC) 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 qatlamga o'tadi, suv esa yuqori qatlamga aralashadi. SO₂ ni absorbtsiyalash jarayonida (100 g/l gacha) yuttiruvchi eritma

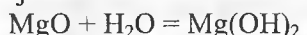
bu jinsli suvli eritmaga aylanadi. SO_2 haydalgach esa suv va ksilidin qatlamlari yana ajraladi.

Ksilidin qo'llash orqali sulfit anhidridni konsentrlash jarayonining texnologik tizimi yuqorida keltirilgan ammiakli siklik usulda SO_2 ni absorbsiyalash tizimidan deyarli farqlanmaydi.

Sulfit anhidridni ajratib olishning boshqa usullari. Sulfit anhidridni ajratib olishning boshqa usullariga ishqor-kislotali usulni ko'rsatish mumkin. Bu usulda SO_2 ishqor eritmasiga yuttiriladi va hosil qilingan sulfitli eritmaga kuchli kislotalar qo'shish orqali SO_2 ajratib olinadi. Bunda, masalan, quyidagi reaksiyalar sodir bo'ladi:



Sulfit anhidrid ajratib olishning magnezitli siklik usuli anchagina takomillashgandir. Bu jarayonda MgO ning suvli suspenziyasi yuttiruvchi vazifasini o'taydi. Jarayonning birinchi bosqichida gazdan sulfit anhidridni yuttiruvchi suyuqlik bilan taqsimlanadigan to'ldirgichli minorada ajratib olinadi:



Suvda yomon eriydigan olti suvli magniy sulfat filtrlanadi va o'txona gazlari bilan $160-180^\circ\text{C}$ haroratda qaynovchi qatlamda quritiladi. So'ngra quruq tuz yana o'txona gazlari bilan qaynovchi qatlamda dastlab 500°C gacha, keyin esa $900-1000^\circ\text{C}$ haroratgacha qizdiriladi. Bu sharoitda magniy sulfit parchalanadi. Bunda MgO hosil bo'ladi va sulfit anhidrid ajraladi. MgO sovutiladi va jarayonga qaytariladi. Shunday usul bilan tarkibida 20% atrofida SO_2 (qolgan 80% qismi o'txona gazlari) bo'lgan sulfit anhidridli gaz olinadi.

To'g'ridan to'g'ri sulfat kislota olish yo'li bilan sulfit anhidridni ajratib olish usullari ham ma'lumdir. Buning uchun chiqindi gazlari changdan yaxshilab tozalanadi va temir yoki marganes sulfatlari (katalizatorlar) eritmaları yordamida qayta ishlanadi. Sulfit anhidridning oksidlanishi natijasida 25-30% li sulfat kislota hosil bo'ladi. Bu usul kontakt usulida sulfat kislota ishlab chiqarishning chiqindi gazlaridan SO_2 ni ajratib olishga ham yaroqlidir, chunki bu sulfitli gazlar tarkibida muallaq qo'shimchalar bo'lmaydi. Hosil bo'ladigan past konsentratsiyali sulfat kislota eritmasi birinchi yuvish minorasiga (bu jihoz bilan keyinroq tanishiladi) yuboriladi va tarkibida 60-70% H_2SO_4 bo'lguncha to'yintiriladi.

Oltिंगugurt va sulfat anđidriddan sulfit anđidrid olish. Bu moddalardan sulfit anđidrid olish jarayoni shundan iboratki, bunda oltिंगugurt oleum bilan qayta ishlanadi. Oleumda erigan sulfat anđidrid oltिंगugurt bilan ta'sirlashadi:



Bu jarayonni kontaktli sulfat kislota sexida tashkil etish iqtisodiy samarador hisoblanadi, chunki tizimda aylanuvchi oleumdan foydalanish mumkin. Oleumdagi sulfat anđidridning bir qismi SO_2 hosil qilishga sarflanadi, hosil qilingan past konsentratsiyali oleum oleumli absorber sikliga qaytariladi.

Oltिंगugurt va sulfat anđidridning 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 anđidrid aralashmasi oltिंगugurt to'ldirilgan va birin-ketin joylashgan ikkita filtdan o'tadi. U yerda gazlar aralashmasidagi sulfat anđidrid oltिंगugurt bilan ta'sirlashadi. Sulfit anđidriddan 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.

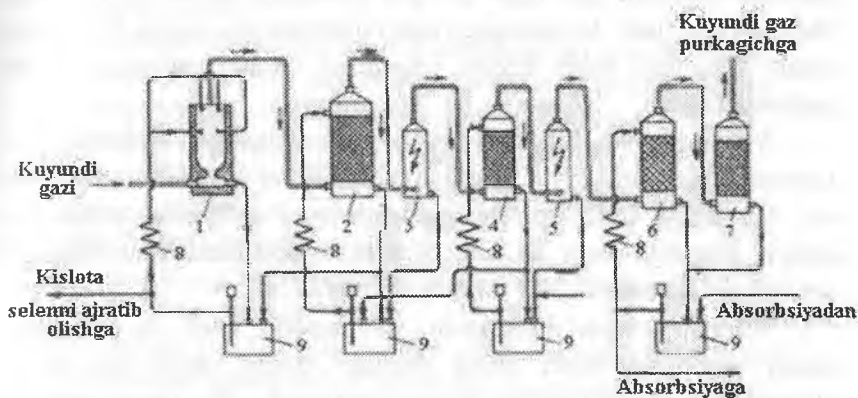
Sulfit anđidridni siqish. Suyuq sulfit anđidrid olish uchun gaz holatdagi konsentrlangan SO_2 oldindan quritilgandan so'ng kompressorlarda 3,3-4 bar (4 atm atrofida) bosim bilan siqiladi va muzlatgich-kondensatorda 20°C haroratgacha sovitiladi. Shunday qilib, siqilgan sulfit anđidrid yig'gich-omborga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

Sulfit anđidridning siqish jarayonini, uni sulfat kislota bilan oldindan quritilmasdan ham amalga oshirilishi mumkin. Bunday jarayonni amalga oshirish uchun gaz bir necha bosqichda siqiladi.

Daastlab bu gazdan suv bug'ı kondensatlanadi, uni tizimdan chiqarib oqtilanadi va so'ngra sulfıt angıdrıd sıqıladı.

Kuyundi gazıni tozalash. Sulfat kislota ishlab chıqarish tızımınıng tozalash bo'linmasıda gaz tarkıbidagi kontakt jarayonıda xalul beradigan qo'shimchalar (chang, mıshyak, ftor, suv bug'ı v.b.)dan tozalash va qımmatbaho qo'shimchalar (selen, tellur v.b.)ni ajratib olish uchun tozalanadı. Gazlar aralashmasını changdan tozalash bilan batafsıl tanıshıb chıqdık. Gazni boshqa qo'shimchalardan tozalash usullarından bıri bilan tanıshamız.

3.21-rasmda kolchedan bilan ishlaydigan kontaktlı sulfat kislota zavodı tozalash bo'linmasınıng tasvırı keltırılğan.



3.21-rasm. Tozalash bo'linmasınıng tasvırı:

1 – bıрінчі yuvısh mınorası; 2 – ikkınçı yuvısh mınorası; 3 – bıрінçı nam elektrofiltr; 4 – namlash mınorası; 5 – ikkınçı nam elektrofiltr; 6 – qurıtısh mınorası; 7 – tomçı ushlagıch; 8 – kislota sovitkıchları; 9 – kislota yıg'ıchları

Changdan tozalangan kuyundi gazi 60-75% li sulfat kislota suyuqlıgı taqsimlanadigan bıрінçı yuvısh mınorası (1) ga berıladı. Bunda gaz soviydi, unıng asosiy qo'shimchaları (SO_3 , As_2O_3 , SeO_2) esa tumanga aylanadı, ularnıng bıri oz qısmı bu mınoradagi taqsimlanadigan kislotaga absorbsiyalanadı. So'ngra gaz 25-35% li sulfat kislota suyuqlıgı taqsimlanadigan ikkınçı yuvısh mınorasıga yuborıladı. Bu yerda gaznıng sovıshı davom etadı va qo'shimcha oz mıqdordagi tuman ajraladı. Unıng asosiy qısmı elektrofiltrlar (3) nıng

birinchi bosqichida cho'ktiriladi va gazda oz miqdordagi tumanning mayda tomchilari qoladi.

Ikkinchi elektrofiltrlar (5) dagi tumanning cho'kish sharoitini yaxshilash uchun gaz 5% li sulfat kislota suyuqligi taqsimlanadigan namlash minorasi (4) ga 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 minorasi (6) ga 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 ushlagich (7) da gazdan ajratiladi.

Yuvish va namlash minoralariga taqsimlanadigan kislota qaynoq kuyundi gazi bilan qiziydi. Quritish minorasidagi kislotaning isishi esa suv bug'larini sulfat kislota ga absorbsiyasi natijasida ajraladigan issiqlik hisobiga sodir bo'ladi. Minoraga taqsimlanadigan kislotani sovitish uchun sovitkichlar (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 kislotaga o'tadi va uni ifloslantiradi. Kislotaning 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 kislotaning konsentratsiyasi ortadi. Shuning uchun H_2SO_4 ning belgilangan konsentratsiyasini ushlab turish maqsadida, namlash minorasi yig'gichi (9) ga uzluksiz suv berib turiladi. Bunda hosil bo'ladigan ortiqcha kislota ikkinchi yuvish minorasi yig'gichi (9) ga o'tadi va bu minorani taqsimlanuvchi kislota konsentratsiyasi kerakli darajagacha pasayadi. Ikinchi yuvish minorasidagi ortiqcha kislota esa birinchi yuvish minorasining yig'gichi (9) ga o'tadi va u yerdagi

hidrotani talab etilgan konsentratsiyada saqlab turadi. Keltirilgan esema kuyundi gazi tarkibidagi sulfat angidridni to'la ushlab qolishni ta'minlaydi va yuvish minoralaridan 60-70% li sulfat kislotaga 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 hisoblari qanday amalga oshiriladi?*
- 15. Ishlab chiqarishning moddiy balansi qanday tuziladi?*
- 16. Issiqlik balans hisoblari qanday amalga oshiriladi?*
- 17. Ishlab chiqarishning issiqlik balansi qanday tuziladi?*
- 18. Oltingugurtni yoqishda qanday pechlar ishlatiladi? Ularning ishlash tartibini tushuntiring.*
- 19. Vodород sulfidni yoqishda qanday pechlar ishlatiladi? Ularning ishlash tartibini tushuntiring.*
- 20. Kuyundi gazlari issiqligidan qanday maqsadlarda foydalaniladi?*
- 21. Kuyundi gazlari changdan nima maqsadda tozalanadi?*

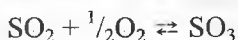
22. *Gazlarni mexanik usulda tozalash jihozlarining mohiyatini tushuntiring.*
23. *Chang tutgich va siklonlar qanday tuzilgan va ularning ishlash prinsipini tushuntiring.*
24. *Tozalash koeffitsiyenti nima?*
25. *Elektrik usulda tozalashning mohiyatini tushuntiring.*
26. *Cho'ktiruvchi va tojsimon elektrodlar 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. *Oltinugurt 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 CHIQRISHNING KONTAKT USULI

1-§. Sulfit anhidridni sulfat anhidridga oksidlash

Katalizatorlar ishtirokida sulfit anhidridni oksidlashning fizik-kimyoviy asoslari. Kontaktli usul bilan sulfat kislotasi ishlab chiqarishda sulfit anhidridni 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 anhidrid 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 qulay, chunki oksidlanmagan SO_2 qoldiqlari absorbsiya bo'linmasida ushlab qolinmaydi va u chiqindi gazlari bilan birgalikda atmosferaga 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 qimmatbaho, 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 koeffitsiyenti: 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:

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

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:

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

NO_2 ni SO_3 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:

$$x_p = \frac{P_{\text{SO}_3}}{P_{\text{SO}_2} + P_{\text{SO}_3}}$$

bu yerda: P_{SO_3} va P_{SO_2} – SO_3 va SO_2 larning muvozanatdagi parsial bosimlari.

Bundan yuqoridagi tenglamalarni umumlashtirish orqali:

$$x_p = \frac{1}{\frac{1}{K_p \sqrt{P_{\text{O}_2}}} + 1} = \frac{K_p}{K_p + \frac{1}{\sqrt{P_{\text{O}_2}}}}$$

hosil qilinadi.

Agar: P – gazning umumiy bosimi (atm. da), a – gazlar aralashmasidagi SO_2 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 molekular 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

ham va O₂ 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 tayyorlanishidan 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'lchamiga 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:

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

bu yerda: k_o – katalizatorni tavsiflaydigan va haroratga bog'liq bo'lmagan empirik koeffitsiyent; 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

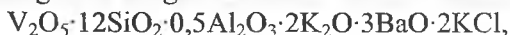
$\frac{E}{RT}$ ni tashkil etadi. Shunday qilib, reaksiya tezligi tenglamasidagi bu a'zo sulfat angidrid molekulari hosil bo'lishiga olib keluvchi

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, hattoki, 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.

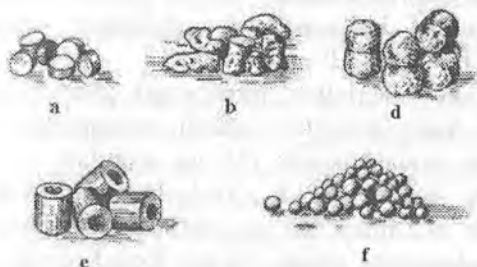
Vanadiyli kontakt massa. Sulfat kislotasi ishlab chiqarishda BAV va SVD markali kontakt massalari ishlatiladi. BAV so'zining ma'nosi – kontakt massa tarkibiga kiradigan elementlar (bariy, alyuminiy va vanadiylar)ning bosh harflaridan iborat. SVD so'zi esa sulfo-vanadat-diatomli ma'nosini anglatadi.

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.

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.



4.1-rasm. Kontakt massa shakllari:

a – tabletka; b, d – donadorlangan massa; e – halqasimon kontakt massa; f – qaynovchi qatlam uchun kontakt massa

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 angidrid 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 angidridning 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 angidridli 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 angidrid 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.

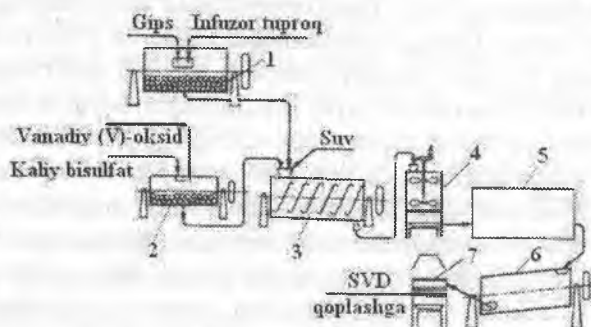
SVD vanadiyli kontakt massa quruq usulda tayyorlanadi, uning tarkibiga kaliy piro-sulfat $K_2S_2O_7$ kiradi va u faol kompleks

$V_2O_5 \cdot K_2S_2O_7$ hosil qiladi. Shuning uchun bu massani sulfit anhidrid 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 bisulfat – sharli tegirmonlar (1) va (2) da maydalanadi va aralastirgich (3) ga uzatiladi, u yerga kerakli miqdordagi suv ham kiritiladi. Aralastirgichda hosil bo'ladigan bo'tqa qoliplash mashinasi (4) ga uzatiladi, unda talab etiladigan – donador yoki halqasimon massa olinadi. Xom kontakt massa pech (5) da quritiladi, so'ngra o'txona gazlari bilan qizdiriladigan baraban (6) da $500-700^{\circ}C$ haroratda kuydiriladi.

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



4.2-rasm. SVD kontakt massasi ishlab chiqarish tasviri:

1,2 – sharli tegirmon; 3 – aralastirgich; 4 – qoliplash 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·gard). Standart sharoitlardagi ($485^{\circ}C$ harorat va 4000 soat⁻¹ 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:

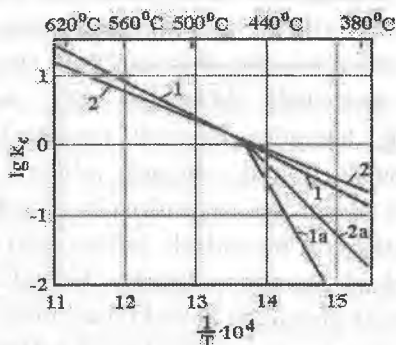


bo'ladi.

Vanadiyli kontakt massada (BAV va SVD) SO_2 ni SO_3 ga oksidlanish reaksiyasining faollanish energiyasi E , 96,5 kJ/mol ni oshirilgan etadi. Haroratning ortishi bilan vanadiyli kontakt massada oksidlanish reaksiyasining tezlik konstantasi k_c xuddi 4.3-rasmda ta'virlanganidek 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 taxmini 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 hattoki kaliyning bir qismi kremnezem bilan bog'lansada, faol shakldagi vanadiyning 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 SO₃ to'la ajralib chiqib bo'lgandan so'ng, havoning harorati pasaytiriladi, kontakt jihozi sovitiladi 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 oxirgi 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 qariyib yarmini) hosil qiladi. Vaqt o'tishi bilan massaning qarshiligi uning ifloslanishi va kuyishi hisobiga ortadi. Kontakt massa gidravlik qarshiligini kamaytirish uchun uni yirik donador, tabletka, halqa va hokazo tarzida tayyorlanadi.

Ma'lumki, kontakt massaning katalitik faolligi katalizatorni zaharlaydigan kontakt zaharlari deb ataluvchi oz miqdordagi moddalarning ishtirokida pasayadi. Vanadiyli kontakt massa platinali katalizatorga nisbatan kontakt zaharlari ta'siriga anchagina qadamlidir, lekin shunday bo'lsada kuyundi gazi tarkibidagi qo'ndirinchalar ishtirokida uning faolligi sezilarli darajada pasayadi. Vanadiyli kontakt massa faolligini asosan mishyak birikmalari (asosan, As_2O_5) pasaytiradi. $550^{\circ}C$ dan yuqori haroratda $V_2O_5 \cdot As_2O_5$ 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 kislotasi 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 faolligining pasayishiga sabab bo'ladi. Shuning uchun kontakt jihoziga beriladigan gaz tarkibidagi ftor yetarli darajada kam bo'lishi lozimdir.

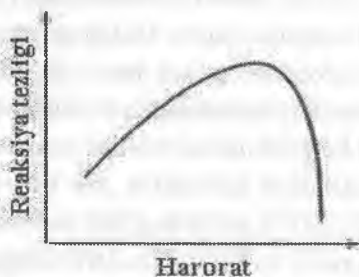
Vanadiyli katalizatorlarda sulfit angidridni sulfat angidridga oksidlash jarayonining shart-sharoiti. Vanadiyli katalizatorlarda sulfit angidridni sulfat angidridga oksidlash jarayonining tezligi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

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

bu yerda: x – kontaktlanish darajasi; τ – vaqt, sek; k_c – reaksiyaning tezlik konstantasi; a – sulfid angidridning boshlang'ich konsentratsiyasi, %; x_p – muvozanatdagi kontaktlanish darajasi; b – kislorodning konsentratsiyasi, %; T – harorat, °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.

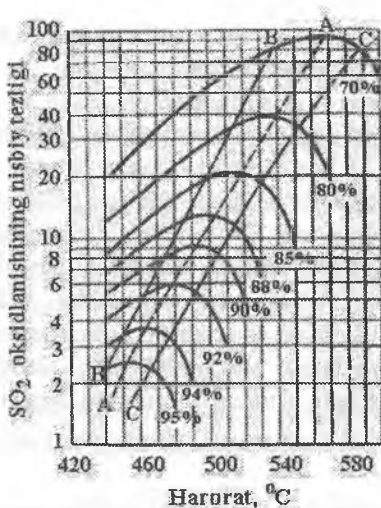
Sulfid angidrid oksidlanish jarayonining haroratga bog'lig'ligini maksimumga ega bo'lgan ekstremal egri chiziq holatida tasavvur etish mumkin (4.4-rasm).



4.4-rasm. Turli xildagi kontaktlanish darajasi (0,7-0,95)da sulfid 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% SO_2 va 11% O_2 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 koeffitsiyenti.

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

bu yerda: a – 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 kontaktlanish darajasiga erishish uchun tarkibida SO_2 tutgan gazlar aralashmasi ma'lum vaqtda vanadiyli kontakt massa bilan to'qnashishi kerak. Soddashtirish 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:

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

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

Bundan

$$v = V \cdot \tau_o$$

bo'ladi.

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

$$v = s \cdot V \cdot \tau_o$$

formula bilan ifodalanadi. Gaz hajmi belgilab beriladi (u kontakt jihozining unumdorligi bilan aniqlanadi), qo'shimcha massa koeffitsiyenti 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_o ni topish lozim bo'ladi. Uni aniqlash uchun quyidagi ko'rinishdagi formuladan foydalaniladi:

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

Amaliy sharoitda harorat va kontaktlanish darajasi reaksiya jarayoni paytida o'zgaradi, binobarin, muvozanatdagi kontaktlanish darajasi va reaksiyaning tezlik konstantasi ham o'zgaradi. Shuning

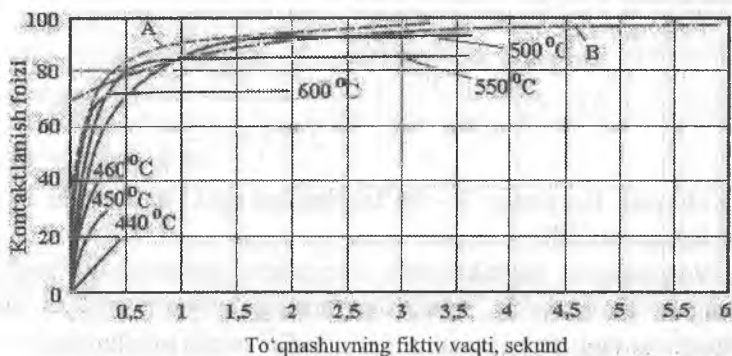
uchun τ_0 ni aniqlash ham katta qiyinchiliklar bilan bog'liqdir va odatda hisoblashning grafik usulidan foydalaniladi.

4.6-rasmda yuqoridagi tenglama bo'yicha tuzilgan va koordinatalarida $x - \tau_0$ 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.

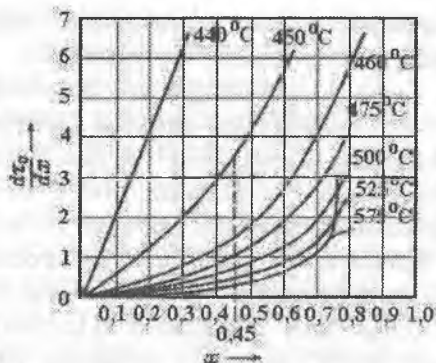
Sanoatdagi kontakt jihoziga solish uchun talab etiladigan kontakt massa miqdorini aniqlash uchun bir xil harorat va gazlar aralashmasining belgilangan tarkibidagi x ning bir necha qiymatlarida, ya'ni yuqoridagi tenglamada a va b larning belgilangan qiymatida

$\frac{d\tau_0}{dx}$ topiladi. Olingan natijalar bo'yicha $x - \frac{d\tau_0}{dx}$ koordinatalarida egri chiziqlar to'plami tuziladi.

Bir necha haroratlar uchun tuzilgan shunday izotermalar 4.7-rasmda tasvirlangan.



4.6-rasm. Turlicha haroratlardagi vanadiyli katalizatorlarda SO_2 ning oksidlanishida kontaktlanish darajasining to'qnashuvlar vaqtiga bog'liqligi (gaz tarkibida 7% SO_2 va 11% O_2 bo'ladi)



4.7-rasm. $x - \frac{d\tau_0}{dx}$ 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:

$$\frac{\Delta\tau_0}{\Delta x} = \frac{d\tau_0}{dx}$$

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:

$$\Delta\tau_0 = \frac{a}{k_c} \left(\frac{x}{x_p - x} \right)^{0,8} \cdot \frac{T}{273 \cdot \left(b - \frac{ax}{2} \right)} \cdot \Delta x$$

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 katalizatorlarda sulfit anhidridni sulfat anhidridga oksidlashning maqbul (optimal) sharoiti. Kontaktlanish darajasi kontaktkli sulfat kislotaga tizimining asosiy ko'rsatkichlaridan biri hisoblanadi.

Kontaktlanish darajasi ortishi bilan chiqindi gazlaridagi SO₂ miqdori kamayadi. Masalan, $x = 0,99$ dagi chiqindi gazlari tarkibida qariyb 0,07% SO₂ 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 muvofiq bo'lgan kontaktlanish darajasini tanlash muhim ahamiyat kasb etadi. Ishlab chiqarishda eng past tannarxga kontaktlanish darajasi 0,98 da erishiladi, lekin bunda chiqindi gazlardagi SO₂ 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 SO_2 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 tenglama kelib 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 katalizatorda sulfid angidridning oksidlanishi. Qaynovchi qatlamda gaz katalizator zarrachalari bilan anchagina jadal aralashadi, buning natijasida kontakt massa sirtiga SO_2 va O_2 ning yaqinlashishi kuchayadi hamda SO_2 oksidlanish jarayonining umumiy tezligi, ayniqsa, kontaktlanish jarayonining boshlanishida ortadi. Qaynovchi qatlamning gidravlik qarshiligi donachalarning o‘lchamiga bog‘liq emas, shuning uchun qaynovchi qatlamda SO_2 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 sovitish elementlari joylashtiriladi, ular orqali gaz yoki boshqa sovitish agentlari harakatlanadi. Katalizatorning qaynovchi qatlamida sovitish elementlari sirtiga issiqlik uzatilish koeffitsiyenti $800\text{--}1200 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{soat} \cdot \text{grad})$ ni tashkil etadi, ya‘ni bu gazdan odatdagi issiqlik almashtirgich quvurlariga issiqlik uzatish koeffitsiyentlariga 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 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.

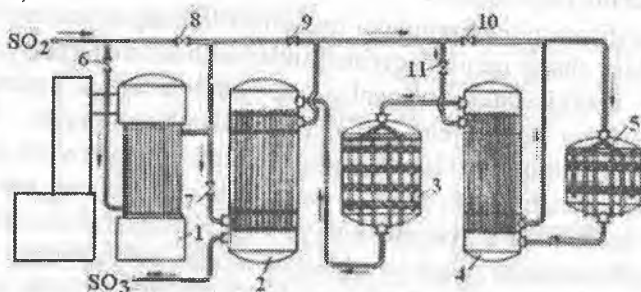
Kontakt jihozlari. Sulfid angidridni oksidlash oraliq yoki ichki issiqlik almashtirgichli kontakt jihozlarida maqbul (optimal) sharoitga yaqinlashtirilgan sharoitlarda o'tkaziladi. Bu jihozlarda jarayonning birinchi bosqichi bir xil o'tkaziladi va jarayon kontakt massaning birinchi qatlami orqali 440°C haroratgacha qizdirilgan gaz o'tkazish, bu yerda SO_2 umumiy miqdorining 60-80% qismini oksidlashdan iboratdir. 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 angidridning 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 sovitiladi. 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 sovitish lozim bo'ladi va h. k. 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 jihozlari 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 sodd 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 qizdirgich (1) dan o‘tib, birin-ketin birinchi va ikkinchi issiqlik almashtirgich (2) va (4) larning quvurlararo bo‘shlig‘idan o‘tadi, so‘ngra birinchi kontakt jihozi (5) ga keladi. Gazlar ($\text{SO}_2 + \text{SO}_3$) aralashmasi bu yerdan sovitish uchun ikkinchi issiqlik almashtirgich (4) ning quvurlariga, so‘ngra ikkinchi kontakt jihozi (3) ga, undan esa birinchi issiqlik almashtirgich (2) quvurlariga o‘tadi, undan keyin sulfat ангидрид 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 almashtirgich (4) ga 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.

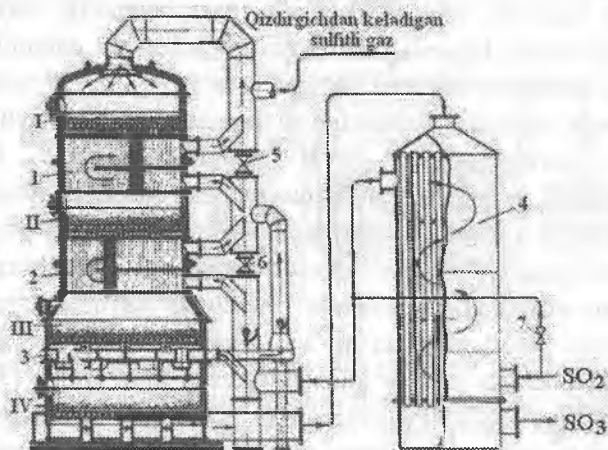
Birinchi kontakt jihozi (5) da kontakt massali ikkita tokcha bo‘ladi; bu yerda kontaktlanishning birinchi bosqichi ketadi. Ikkinchi kontakt jihozi (3) da kontakt massali to‘rtta tokcha joylashgan (kontaktlanishning ikkinchi bosqichi) bo‘ladi.

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 SO₂ ni oksidlash hozirgi paytda to'rt va hattoki 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 kislotasi unumdorligiga ega bo'ladi.

4.10-rasmda jihoz unumdorligi sutkasiga 540 t sulfat kislotaga bo'lgan oraliq issiqlik almashtirgichli kontakt jihozi tasvirlangan. Bu jihozda birinchi qatlam (I) dan so'ng gazni sovitish sovuq sulfitli gaz qo'shish orqali amalga oshiriladi. Gaz ikkinchi, uchinchi va to'rtinchi qatlamlar (II-IV) dagi kontakt massalaridan o'tgan so'ng kontakt jihoziga mahkamlangan oraliq issiqlik almashtirgichlar (1), (2), (3) da sovitiladi. Kontakt jihozining ichki diametri 8,5 m ni, umumiy balandligi 19,6 m ni tashkil etadi.

Qaynovchi qatlam pechlarida kolchedan kuydirilganda, yuqori konsentratsiyali sulfit angidridli kuyundi gazi olinadi. Bu holda kontakt massaning birinchi qatlamida oksidlanish gazdagi SO₂ ning katta konsentratsiyasi (10-12%)da olib boriladi, ikkinchi qatlamdan oldin esa unga atmosfera havosi kiritish orqali SO₂ miqdori kamaytiriladi va kislorod miqdori oshiriladi (4.11-rasm). Bunday jihozda gazdagi SO₂ konsentratsiyasi kamayishi bilan bir vaqtda gazning harorati ham pasayadi, bu esa kontakt massa birinchi qatlamidan so'ng issiqlik almashtirgich bo'lishini istisno qiladi.

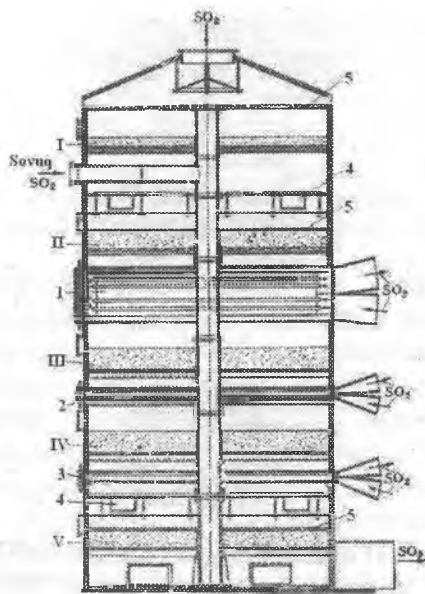


4.9-rasm. To‘rt qatlamli kontakt jihozi (oraliq issiqlik almashtirgichli) bo‘lgan kontakt bo‘linmasining tasviri:

I-IV – kontakt massa qatlamlari; 1-3 – oraliq issiqlik almashtirgichlar; 4 – tashqi issiqlik almashtirgich; 5-7 – gaz jo‘mraklari

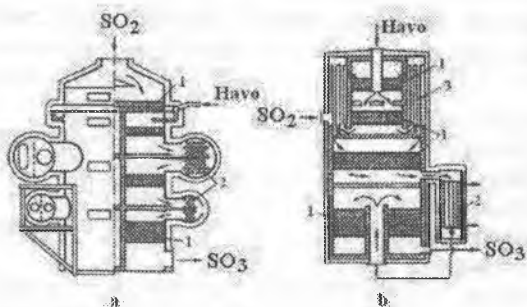
Kontakt massasi qaynovchi qatlamli kontakt jihozida (4.12-rasm), gaz, pastdan yuqoriga gaz taqsimlash to‘rlari (2) ga joylashtirilgan kontakt massa qatlamlari orqali birin-ketin o‘tadi. Reaksiyaning ortiqcha issiqligi suvli sovitkichlar (4) da chiqarib olinadi. Katalizatorning favvorali otilib chiqib ketishini oldini olish uchun jihozning yuqori qismida kengayish (diffuzor) (5), konfuzor (6) va so‘ndirgich (7) lar ham e‘tiborga olingan. Gaz tarkibida 7% SO_2 bo‘lganda kontakt massaga kirishda gazning harorati – tinch qontakt massa qatlamli jihozlardagi 440°C o‘rniga 360°C ni tashkil etadi. SO_2 konsentratsiyasining ortishi bilan gazning harorati kirishda yanada pasaytiriladi. Suvli sovitkichda issiqlik uzatish koeffitsiyenti – odatdagi issiqlik almashtirgichlardagi $20-40 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{soat} \cdot \text{grad})$ o‘rniga $420-850 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{soat} \cdot \text{grad})$ ni tashkil etadi.

Kontakt bo‘linmasining uskunalar bilan jihozlanishi va texnologik tartibi (rejimi) xomashyodan foydalanish koeffitsiyentini (u kontaktlanish darajasiga bog‘liqdir), elektroenergiya sarfini (u kontakt jihozining gidravlik qarshiligiga bog‘liqdir) va boshqa sulfat kislotali tizimlar ko‘rsatkichlarini aniqlaydi.



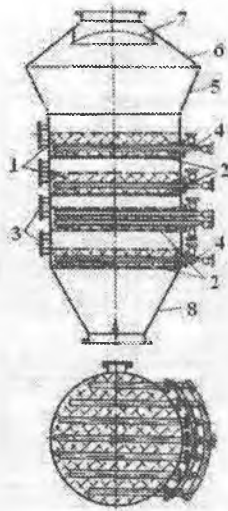
4.10-rasm. Birinchi qatlamdan so'ng sovuq gaz qo'shiladigan kontakt jihozi:

1-IV – kontakt massa qatlamlari; 1-3 – oraliq issiqlik almashtirgichlar; 4 – aralashtirgichlar; 5 – kvars qatlamlari (15-20 mm)



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 rasmida – oraliq sovitkich); 3 – halqasimon issiqlik almashtirgich



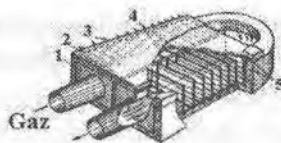
4.12-rasm. **Kontakt massasi qaynovchi qatlamli kontakt jihozi:**
 1 – kontakt massa; 2 – gaz taqsimlash to‘ri; 3 – lyuklar; 4 – sovitkichlar; 5,8 – diffuzorlar;
 6 – konfuzor; 7 – so‘ndirgich

Issiqlik almashtirgich jihozlari. Sulfat kislotali tizimlarning kontakt bo‘linmasida turli xil konstruksiyadagi issiqlik almashtirgichlar, angidridli sovitkich, 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 ³	13,1
O‘lchamlari, m	3,88x1,79x1,05

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.



4.13-rasm. Elektrik qizdirgich:

1 – korpus; 2 – qopqoq; 3 – qizdirgich elementlarining yakuni; 4 – qizdirgich elementlari;
5 – issiqlik izolyatsiyasi

Kontaktlanishning texnologik tartibi. Yuqori kontaktlanish tezligi hamda qizdirgichni ishga tushirmagan holda sistemani hattoki oz fursat to'xtalilganda va gazdagi SO₂ 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 bilan ishlaydigan to'rt qatlamli kontakt jihozi bilan ta'minlangan kontakt bo'linmasining texnologik tartib me'yorlari keltirilgan:

O'txona gazlarining harorati, °C	700 dan yuqori emas
O'txona gazlari haroratining mumkin bo'lgan o'zgarish chegarasi, grad/soat	100 dan ko'p emas
Gazning harorati, °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 ± 0,2

Boshlang'ich ma'lumotlar:

Kontakt jihozi unumdorligi A , t/soat H ₂ SO 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

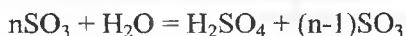
Oraliq issiqlik almashtirgich bilan ishlaydigan to'rt qatlamli kontakt jihoziga donadorlangan kontakt massa to'ldirilgan va quyidagi tartibda ishlaydi:

	I qatlam	II qatlam	III qatlam	IV qatlam
Kontakt massaga kirishda gazning harorati, °C	450	460	440	418
Kontaktlanish darajasi	0,70	0,90	0,96	0,98
Kontakt massa qo'shimchasining koeffitsiyenti (e)	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 kislotaga aylantirish hisoblanadi. Kontakt jihoziga kelishdan oldin gazni quritish lozimligi yoki quritilmasligiga qarab sulfat angidridni ajratib olish jarayoni farqlanadi: birinchi holatda SO₃ 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 kislotada 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 suvli eritmasi, ya'ni suyultirilgan sulfat kislota hosil bo'ladi.

Absorbsiyalashdan so'ng gazlar aralashmasi yutilmagan sulfat angidrid bilan atmosferaga chiqarib yuboriladi. Bu gazlar aralashmasi tarkibidagi yo'qotiladigan SO₃ 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 tashqari) oleum tarzida ishlab chiqariladi. Oleum sulfat kislota boshqa texnik navlaridan farqlanib, qimmatbaho

mahsulot hisoblanadi. Agar oleumga talab bo'lmasa, uni 93-95% li sulfat kislotagacha suyutiriladi.

Oleum olish uchun tarkibida SO_3 tutgan gaz oleum sachratiladigan minora (oleumli absorber) orqali o'tkaziladi. U yerda sulfat anhidridning 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 kislotaning konsentratsiyasi 98,3% ni tashkil etadi. Bunday konsentratsiyali kislota sulfat anhidridni 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 anhidrid bo'ladi. Bu holatlarda sulfat anhidridning 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 anhidrid bo'lgan kontaktli gaz aralashmani konsentratsiyasi 98,3% H_2SO_4 dan past bo'lgan kislota bilan qayta ishlashda sulfat anhidridning 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 kislotaning 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 anhidrid to'la yutilmaydi, chunki bu kislotadan SO_3 ajraladi. Bu holda ham chiqindi gazlari atmosferani bir qism sulfat anhidrid 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 kislotada konsentratsiyasi va haroratiga bog'liqligi tasvirlangan.

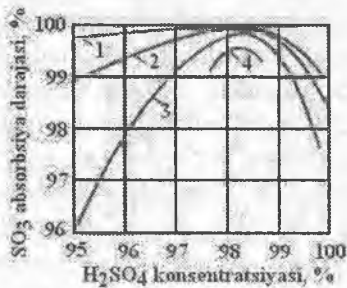
Rasmdan ko'rinadiki, 98,3% li sulfat kislotada yuqori darajada absorbsiyalash xususiyatiga ega. Undan past yoki yuqori konsentratsiyali kislotada harorat oshirilganda ham pasayishini kuzatish mumkin.

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 muvozzantli bosimi, n/m^2 (mm.sim.ust.).

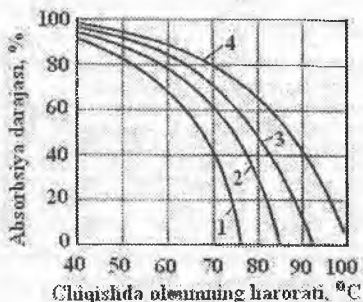


4.14-rasm. Monogidratli absorberda turli haroratda sulfat angidridning absorbsiyalanish darajasi:

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 bog'liqligi keltirilgan.

Bu tasvirdan ko'rinadiki, haroratning ortishi bilan SO_3 absorbsiyalanish darajasi keskin kamayadi va ma'lum harorat ($7,5\% \text{SO}_3$ da 84°C , $5\% \text{SO}_3$ da 76°C)da absorbsiyalanish to'la to'xtaydi. 60°C haroratda $33\% \text{SO}_3$ (erkin) bo'lgan oleum olingani holda, 90°C haroratda atigi $14\% \text{SO}_3$ (erkin) bo'lgan oleum olish mumkin.



4.15-rasm. Oleumli absorberda gazdagi SO_3 miqdoriga bog'liq holdagi sulfat angidridning absorbsiyasi:

1 – $5\% \text{SO}_3$ da; 2 – $7,5\% \text{SO}_3$ da; 3 – $10\% \text{SO}_3$ da; 4 – $15\% \text{SO}_3$ da

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 gazi sovitilganda, 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.

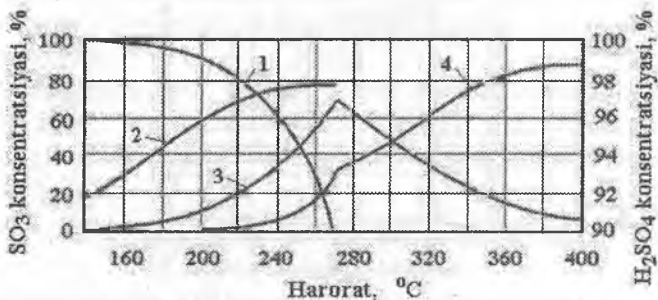
Gazning harorati 400°C dan yuqori va undagi SO_3 va H_2O birgalikda bo'lganda (masalan, ho'l kataliz usuli bilan sulfat kislota olishdagi kabi) gaz tarkibida sulfat kislota bug'lari bo'lmaydi, chunki bunday sharoitda ular amalda to'la dissotsiyalanadi. Gaz sovitilganda:



muvozanat sulfat kislota bug'lari hosil bo'lish tomonga siljiydi, u esa keyingi bosqichda sovitilganda kondensatsiyalanadi.

4.16-rasmda tarkibida $6,29\% \text{SO}_3$ va $10,09\% \text{H}_2\text{O}$ bo'lgan gazli aralashma uchun sistemaning muvozanat holatida SO_3 , H_2SO_4 (gaz) va H_2SO_4 (suyuq) orasidagi nisbat tasvirlangan. Diagrammadan

ko‘rinadiki, sulfat kislolaning kondensatsiyasi 273°C da boshlanadi va 150°C da amalda tugallanadi. Sulfat kislota kondensatsiyasi boshlangan paytda uning bug‘larining qariyb 30% qismi dissotsiatsiyalangan bo‘ladi (SO_3 egri chizig‘iga qarang); 240°C da dissotsilanish darajasi 5% gacha pasayadi. 150°C da kondensatsiyalanayotgan kislota konsentratsiyasi 97,5% dan 92% gacha kamayadi.



4.16-rasm. $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4$ (gaz) $\rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4$ (suyuq) sistemasi ning holat diagrammasi:

1- H_2SO_4 (suyuq); 2- H_2SO_4 (kondensat); 3- H_2SO_4 (gaz); 4- SO_3 (gazli aralashma tarkibida 6,29% SO_3 va 10,09% H_2O bo‘ladi)

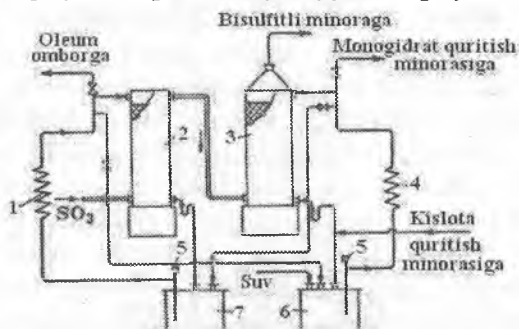
Sulfat kislota bug‘larining kondensatsiyasi to‘ldirgichli suyuqlik taqsimlanadigan minoralarda (skrubberlarda), quvurli kondensatorlarda, barbotajli jihozlarda amalga oshiriladi. Ko‘rsatib o‘tilgan barcha jihozlardagi bu jarayonning mexanizmi bir xildir va bu tarkibida bug‘ tutgan gazli aralashmaning 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 sovitilganda 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 kislotasi bug'larini absorberning to'ldirgichlari sirtida kondensatsiyalanadi. Taqsimlanuvchi kislotasi konsratsiyasi juda past yoki gazning namligi yuqori bo'lganda, sulfat kislotasi bug'larining bir qismi bo'shliqda, tuman hosil qilib kondensatsiyalanadi, u esa absorberlarda to'la cho'kmaydi va atmosferaga chiqib ketadi.

Zamonaviy kontaktli sulfat kislotasi ishlab chiqarish korxonasi absorbsiyalash bo'linmasi. Sulfat kislotasi suyuqligi taqsimlanadigan to'ldirgichli skrubber – mineralarda ham, barbotaj turidagi jihozlarda ham kislotasi qatlamidan gaz o'tadigan joylarda sulfat kislotasi gazli aralashmadan faqat sulfat anhidridni yutadi, gazning qolgan qismi absorberlar orqali o'tib atmosferaga chiqib ketadi. Odatda, sulfat anhidrid 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 absorber (2) ga tushadi. Sulfat anhidridni yutishi natijasida H_2SO_4 hosil bo'lish reaksiyasining issiqligi hisobiga oleum qiziydi. Qaynoq konsentrlangan oleum absorber (2) dan yig'gich (7) ga oqib tushadi, u yerda suyultirish uchun oz miqdordagi monogidrat qo'shiladi. Yig'gich (7) dan oleum sovutkich (1) orqali absorber (2) ga suyuqlik taqsimlash uchun so'rib olinadi. Oleumning bir qismi muntazam ravishda omborga yoki kuporos moyi tayyorlashga yuboriladi.



4.17-rasm. Absorbsiya bo'linmasining tasviri:

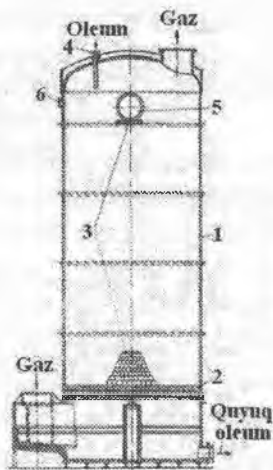
- 1 – oleumli sovutkich; 2 – oleumli absorber; 3 – monogidratli absorber; 4 – monogidratli sovutkich; 5 – botirma nasoslar; 6 – monogidrat yig'gichi; 7 – oleum yig'gichi

Oleumli absorber (2) dan chiqadigan gaz 98,3% li sulfat kislotasi (monogidrat) suyuqligi taqsimlanadigan monogidratli absorber (3) ga keladi. Kislotasi sulfat anhidridni yutishi natijasida qiziydi va uning kondensatsiyalanishi ortadi. Absorber (3) dan monogidrat yig'gichi (6)

ga oqib tushadi, u yerda suyultirish uchun quritish minorasidan keladigan kislotaga yoki suv qo‘shiladi. Qaynoq kislotaga yig‘gich (6) dan sovitish uchun monogidratli sovitkichga uzatiladi va yana monogidratli absorber (3) ga 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.

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.



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

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 nuqishlarining 1 m² ga suyuqlik taqsimlash zichligi 10-12 m² bo'lganda, absorberdagi to'ldirgich yuzasi 600 dan 1000 m² bo'lishi talab etiladi.

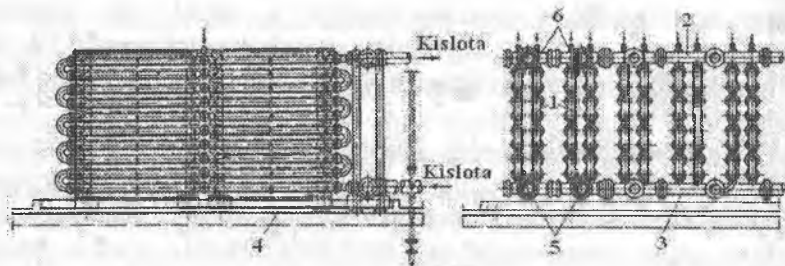
Monogidratli (ikkinchi) absorber. Bu absorber ham xuddi quritish minorasi kabi o'rnatilgan va 98,3% li sulfat kislotaga suyuqlik taqsimlanadi. Kislotaning absorberdan o'tishi paytida sulfat angidridni yutadi, uning konsentratsiyasi 98,7-99% H₂SO₄ gacha ortadi. Monogidrat yig'gichida kislotaga suv yoki quritgich kislotaga bilan boshlang'ich konsentratsiyagacha suyultiriladi va sovitkich 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 m²/t/s va suyuqlik taqsimlash zichligi 20 m³/m²·s).

Oleum va monogidrat yig'gichlari tegishli absorberlarga biriktirilgan bo'ladi. Ular turli hajmdagi (kichik quvvatdagi zavodlarda 10 m³, katta korxonalarda 50 m³) idishlardan iboratdir. Oleumli va monogidratli yig'gichlar po'latdan tayyorlangan va ularning ichki qismi kislotaga chidamli plitkalar bilan himoyalangan bo'ladi.

Kislotaga sovitkichlari. Absorberlarda sulfat angidridning yutilishida ko'p miqdorda issiqlik ajraladi va taqsimlanadigan kislotaning qizib ketishiga olib keladi, uni esa sovitish lozimdir. Bu maqsadda sug'orish va quvur niqobli sovitkichlar ishlatiladi. Kontaktli sulfat kislotaga ishlab chiqarishda ta'mirlash qiyinligi uchun spiral sovitkichlar keng ko'lamda ishlatilmaydi. Oleumli va monogidratli absorberlarning suyuqlik taqsimlanadigan sovitkichlari tuzilishi jihatdan bir-biriga o'xshaydi, faqatgina bo'lmalari soni va ular tayyorlanadigan material bilan farqlanadi. Oleumli sovitkich po'latdan, monogidratli sovitkich cho'yandan yoki kislotaga chidamli po'latdan tayyorlanadi.

4.19-rasmda to'rtta bo'lma (1) dan iborat va po'lat taglikka o'rnatilgan monogidratli sovitkich tasvirlangan. Har bir bo'lmada ikki vertikal qatorida parallel quvurlar bo'ladi. Quvurning yuqori qismi kollektor (2) ga, pastki qismi kollektor (3) ga mahkamlangan. Quvurlarning har bir qatorida tarmovlar bo'lib, quvur ustidan sovituvchi suv oqadi va suv yog'och yoki beton ariqcha (4) larga va undan kanalizatsiyaga oqib tushadi.

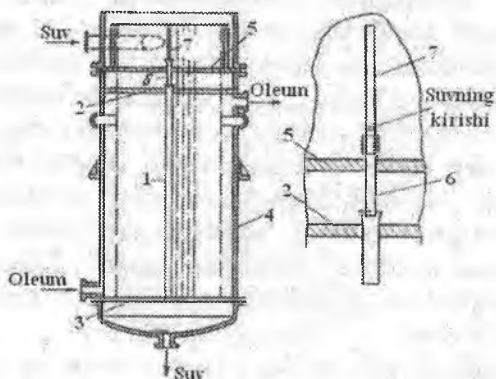


4.19-rasm. Monogidratli sovitkich:

- 1 – sovitkich bo‘lmalari; 2,3 – yuqori va ostki kollektorlar; 4 – ariqcha;
5 – kislota chiqish shtutseri; 6 – kislota kirish shtutseri

Qaynoq kislota pastki kollektor (3) ga shtutser (5) orqali kelib tushadi, parallel oqimdagi quvurlar bo‘yicha taqsimlanadi va yuqori kollektor (2) da shtutser (6) orqali chiqqan kislota yig‘ib olinadi.

4.20-rasmda oleumni quvur niqobli sovitkichi tasvirlangan. U ajratilgan po‘lat quvurlar (1), quvurlar to‘rli panjarasi (2) va (3) hamda po‘lat niqob (4) dan iboratdir. Oleum quvurlararo bo‘shliq orqali, suv esa quvurlar orqali harakatlanadi. Oleumning suv bilan to‘qnashishining oldini olish maqsadida qo‘shimcha to‘rli panjara (5) o‘rnatiladi, ular qisqa po‘lat quvurlar (6) orqali mahkamlanadi.



4.20-rasm. Oleumning quvurli sovitkichi:

- 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

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 ulashdagi kislotaning toshib ketishi kuzatiladi. Shuning uchun kislota aralashtirgichlar deb ataluvchi maxsus jihozlarda ehtiyotkorlik choralariga amal qilgan holda suv bilan suyultiriladi.

Past konsentratsiyali kislota tayyorlash uchun aralashtirgichlar kislotaga chidamli materiallardan, yuqori konsentratsiyali kislota tayyorlash uchun esa cho'yandan tayyorlanadi. Turli ishlab chiqarish korxonalarida har xil turdagi qurilmalar ishlatiladi. Ulardagi sovitish 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 angidrididan reaktiv sulfat kislota olinadi.

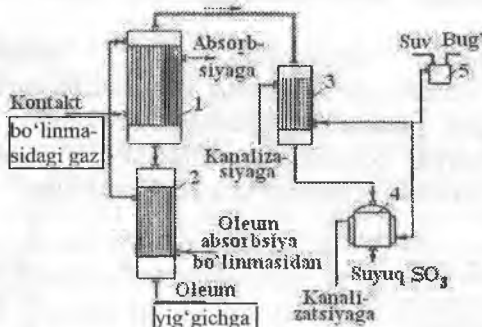
100% li sulfat angidrid ishlab chiqarishda quyidagi usullar qo'llaniladi:

1. O'txona gazlari bilan qizdiriladigan jihozlarda odatdagi 20% li yoki yuqori konsentratsiyali oleumdan SO₃ 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 anhidrid olish uchun qurilmaning tasviri ko'rsatilgan.

Tarkibida SO_3 bo'lgan qaynoq gaz kontakt bo'linmasidan issiqlik almashtirgich-bug'latkich (1) ning quvurlararo bo'shlig'i orqali uzatiladi, undagi quvurlar orqali esa issiqlik almashtirgich (2) da oldindan qizdirilgan oleum uzatiladi. So'ngra sovutilgan gaz kontakt tizimining odatdagi sxemasi bo'yicha absorbsiyaga yuboriladi.



4.21-rasm. 100% li sulfat anhidrid olish uchun qurilma tasviri:

- 1 – issiqlik almashtirgich-bug'latkich; 2 – oleumli issiqlik almashtirgich; 3 – sulfat anhidrid kondensatori; 4 – suyuq sulfat anhidrid yig'gichi; 5 – issiq suv olish uchun rezervuar

Bug'latkichdan chiqadigan sulfat anhidrid miqdori kamaytirilgan qaynoq oleum issiqlik almashtirgich (2) ga tushadi, u yerda absorbsiyali bo'linmadan uzatilgan oleumga issiqligini uzatadi, so'ngra esa birinchi (oleumli) absorberning yig'gichiga uzatiladi, u yerda yana dastlabki konsentratsiyasigacha sulfat anhidrid bilan to'yinadi. Oleumning qizdirilishidan hosil bo'ladigan gaz holatdagi sulfat anhidrid kondensator (3) ga so'rib olinadi, u yerga yig'gich (4) dan suyuq SO_3 tushadi. Yig'gich suvli niqob bilan jihozlangan, unga rezervuar (5) dan qaynoq bug' bilan $30-40^{\circ}\text{C}$ gacha isitilgan suv keladi. Bu esa sulfat anhidridning muzlashi va kristallanishidan saqlaydi. Shuni ham ta'kidlash lozimki, texnik kristall sulfat anhidrid qizdirilganda, u suyuqlanmasdan to'g'ridan to'g'ri gaz holatiga aylanadi (sublimatsiyalanadi).

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). 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 sharoida 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 polimerlanishining oldini olish maqsadida suyuq sulfat angidridga stabilizatorlar (B_2O_3 , Na_2SO_4 , KCrO_3 v.b.) qo'shiladi. Ammo stabilizatorlar polimerlanishni sekinlashtiradi xolos va, ayniqsa, manfiy haroratda SO_3 kristallanishining oldini olishga qodir emas.

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 hattoki qishda 30°C da ham bir necha oygacha polimerlanmaydi.

Chiqindi gazlarini zararsizlantirish. Kontaktlanish darajasi 0,97 va absorbsiya to'laligi 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 kislotaga tomchilari bo'ladi. Yuqoridagi tarkibga ega bo'lgan gazlardan sulfat kislotaga tomchilari tutib qolingandan so'ng, gazlarni atmosferaga chiqaruvchi mo'rili quvurning balandligi quyidagi empirik formula bilan ifodalanadi:

$$H = \sqrt{\frac{234q}{vc_{\max}}}$$

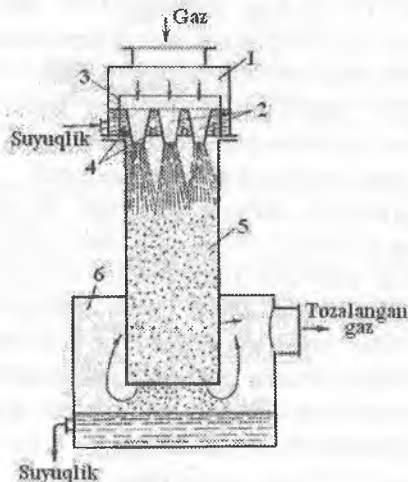
bu yerda: H – quvur balandligi, m; q – chiqindi gazdagi SO_2 miqdori, g/sek; v – SO_2 konsentratsiyasi aniqlanadigan balandlikdagi shamol

tezligi, m/sek; c_{max} – yer sirti 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 atmosferaga 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.

Chiqindi gazlarini SO_2 dan tozalash to'ldirgichli mineralarda amalga oshiriladi, u yerda sulfit angidrid soda eritmasiga yuttiriladi. Bunda hosil bo'ladigan natriy bisulfid ishlab chiqarish korxonasining mahsuloti hisoblanishi mumkin.



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

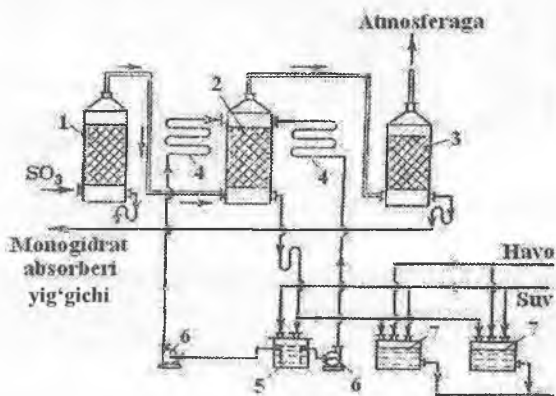
Chiqindi gazlaridagi sulfit angidrid bisulfitli mineralarda tutib qolinishi qiyin bo'lgan tuman hosil qiladi. Shuning uchun gazlar ho'l

elektrofiltrlarga yuboriladi. Bisulfitli minoradan va elektrofiltrdan o'tgan gazlardan ham sulfat kislotasi tomchilari ajratiladi.

SO₂ ning absorbenti sifatida ammiakli suv ham ishlatiladi, lekin bunda gazdan sulfit anhidridni 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 kislotasi olish. Sulfat kislotaning asosiy miqdori (80% dan ko'p qismi) texnik kontaktli va minerali kislotasi tarzida olinadi. Sulfat kislotaning toza navlariga to'g'ri keladigan nisbiy ulushi ham keyingi paytlarda ortib bormoqda. Sulfat kislotaning toza navlari akkumulyator kislotasi va reaktiv sulfat kislotasi 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.



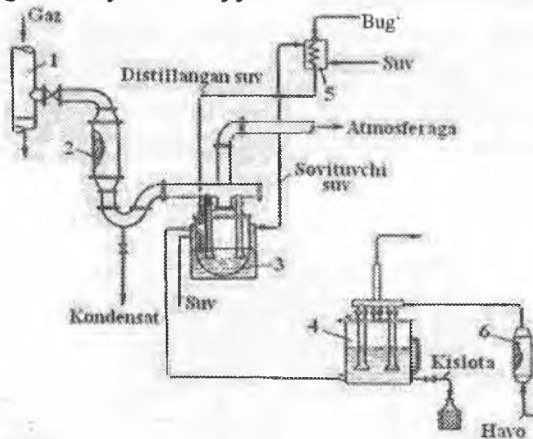
4.23- rasm. Akkumulyator sulfat kislotasi ishlab chiqarish sxemasi:

- 1, 3 – tomchi ushlagichlar; 2 – akkumulyator kislotasi olish uchun monogidratli absorber;
 4 – suyuqlik taqsimlanadigan sovitkichlar; 5 – aylanka akkumulyator kislotasining yig'gichi;
 6 – nasoslar; 7 – akkumulyator kislotasini chiqarib yuborish yig'gichlari

Kislotaga sulfat anhidridning absorbsiyalanishi natijasida kislotasi konsentratsiyasi ortib borishi bilan maxsus jihozda olinadigan distillangan suv bilan suyultiriladi. Akkumulyator kislotasining

sifatini oshirish uchun bu qurilmalarga yuqori quvvatli suyuqlik taqsimlanadigan sovitkichlar (4) o'rnatiladi, uning quvurlarida kislotalar kichik tezlik bilan aralashadi, buning hisobiga quvurlarning korroziyasi sekinlashadi. Bu maqsadda sovitkich quvurlari ferrosilisiddan tayyorlanadi, yig'gich va oraliq idishlar esa kislotabardosh materiallar bilan himoyalanaadi.

Reaktiv sulfat kislotasi 100% li sulfat anhidridni 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 kislotalar ishlab chiqarish sxemasi:

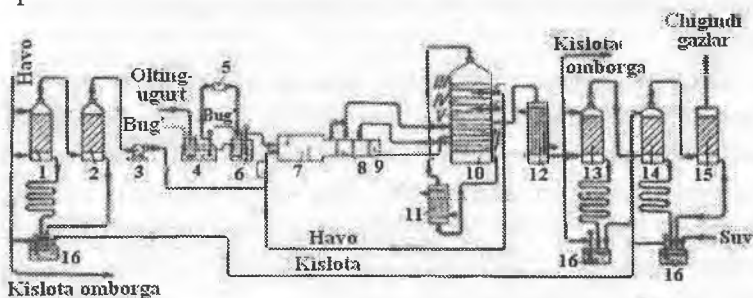
- 1 – oleumli absorber gaz o'tkazgichi; 2 – gaz filtri; 3 – barbotajli absorber;
4 – SO₂ purkash absorberi; 5 – suv bug'i kondensatori; 6 – havo filtri

3-§. Oltinugurt va boshqa xomashyolardan kontakt usulida sulfat kislotalar ishlab chiqarish

Oltinugurtdan kontakt usulida sulfat kislotalar olish. Tarkibida mishyak va selen tutgan oltinugurtdan (masalan, oltinugurt bug'idan) kontakt sulfat kislotalar ishlab chiqarishning texnologik sxemasi kolchedanni qayta ishlash sxemasidan deyarli farq qilmaydi. Boshqacha aytganda, faqat pech bo'linmasi qayta jihozlangan, unga

oltingugurtni yoqish uchun tegishli pech o'rnatilgan bo'ladi va quruq elektrofiltirlar 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 emas.

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 tindirgich (4) ga oqib tushadi, u yerda suyuq oltingugurtdagi muallaq qo'shimchalar tozalanadi. So'ngra oltingugurt nasoslar bilan filtr (5) orqali yig'gich (6) ga uzatiladi, u yerdagi nasos uni pech (7) ning forsunkasiga yo'naltiradi. Ortiqcha toza oltingugurt yig'gich (6) dan tindirgich (4) ga 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 almashtirgich; 12 – angidridli sovitkich; 13 – oleumli absorber; 14 – monogidratli absorber; 15 – tomchi ushlagich; 16 – aylanma yig'gichlar

Yondirish jarayoni uchun kerakli havo quritish minorasi (1) tomchi ushlagich (2) lardan o'tib pech (7) va kontakt jihozi (10) ga purkaladi. Oltingugurt yondirish uchun pech silindrik ko'rinishdagi himoyalangan jihoz bo'lib, undagi yuttirish qozoni (bug'latkich) (8) va bug'li qizdirgich (9) uning oxiri hisoblanadi.

Pechda hosil bo'ladigan 1100-1200°C haroratdagi sulfat angidrid yuttirish qozonida 440-450°C gacha sovutiladi va besh qatlamli

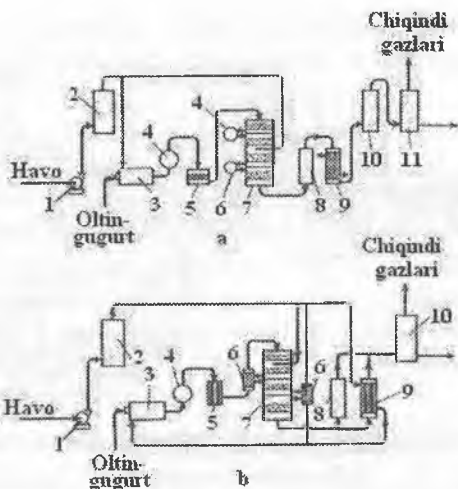
kontakt jihozining birinchi qatlam kontakt massasiga tushadi. Kontakt massasining birinchi qatlamida haroratni to'g'rilab turish uchun gazning bir qismi pechdan to'g'ridan to'g'ri kontakt jihoziga uzatiladi. Kontakt massa birinchi qatlamidan chiqadigan gaz bug'li qizdirgich (9) ga, so'ngra kontakt massaning 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 sovitiladi va so'ngra kontakt massaning beshinchi qatlamiga kiradi.

Kontakt jihozidan chiqadigan gaz anhidridli sovitkich (12) da sovitiladi 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 kislotaning bir qismini chiqindi gazlari bilan yo'qotilishiga olib keladi.

Sulfat anhidrid absorbsiyasida tuman hosil bo'lishining 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).



4.26-rasm. Oltin-gugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarish sxemasi:

a – «Monsanto» firmasi sxemasi: 1 – havo purkagich; 2 – quritish minorasi; 3 – oltin-gugurt ni yondirish pechi; 4 – yuttirish qozonlari; 5 – gaz filtri; 6 – bug‘li qizdirgich; 7 – kontakt jihozi;

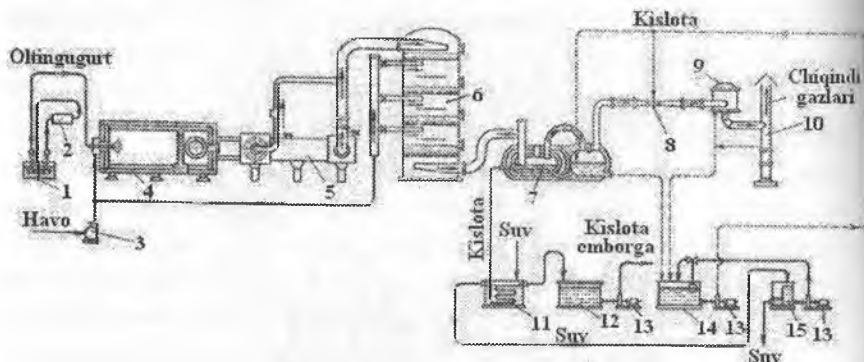
8 – yuttirish qozonlaridan ta‘minlanadigan suvli qizdirgich; 9 – angidridli sovitkich;

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-rasmda tasvirlangan sulfat kislota ishlab chiqarishning «Xemiko» sxemasi unchalik ko‘p ishlatilmasada, o‘zining soddaligi bilan ajralib turadi. Qattiq qo‘shimchalardan filtrlangan, suyuqlantirilgan oltin-gugurt pech (4) ning forsunkasi bilan sachratiladi va ventilyator (3) bilan uzatiladigan havo yordamida aralashtirilib yondiriladi. Sulfit angidrid yuttirish qozoni (5) da sovitiladi va kontakt jihozi (6) ga 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 absorber (7) ga 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 kislota aylanadi. Ikkinchi kamerada gaz sulfat kislota ustidan o‘tish orqali qo‘shimcha sovitiladi; bunda qolgan sulfat kislota bug‘lari kondensatsiyalanadi va birinchi kameradan gaz bilan chiqadigan sulfat kislota tomchilarining bir qismi tutib qolinadi.



4.27-rasm. Oltinugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarishning «Xemiko» sxemasi:

- 1 – oltinugurtni suyuqlantirgich; 2 – filtr; 3 – ventilyator; 4 – oltinugurt yondirish pechi; 5 – yuttirish qozoni; 6 – kontakt jihozi; 7 – absorber; 8 – venturi quvuri; 9 – siklon; 10 – mo'rili quvur; 11 – kislota sovitkich; 12 – mahsulot kislotasini yig'gich; 13 – nasoslar; 14 – kuchsiz kislotani yig'gich; 15 – suv yig'gich

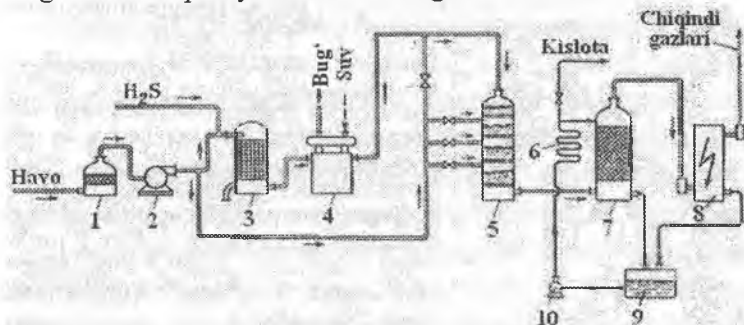
Absorberdan chiqadigan gaz venturi quvuri (8) orqali siklon (9) ga yuboriladi. Venturi quvurida gaz yuqori tezlikda harakatlanadi va unga forsunkalar orqali suyultirilgan sulfat kislota purkab turiladi. Gaz bilan suyuqlikning intensiv aralashishi natijasida sulfat kislota tomchilari yiriklashadi va siklon (9) da cho'ktirilib kuchsiz kislota eritmasi olinadi. Siklondan chiqadigan gaz mo'rili quvur (10) orqali atmosferaga chiqarib yuboriladi.

Absorber (7) ning birinchi kamerasidan chiqadigan mahsulot sifatidagi 93-97% li kislota sovitkich (11) ga, so'ngra yig'gich (12) ga tushadi, u yerdan tayyor mahsulot omboriga yuboriladi. Absorber (7) ning ikkinchi kamerasida yig'iladigan kislota birinchi kameraga oqib tushadi. Agar kerak bo'lsa uni yig'gich (14) ga 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, sulfit gazi tarkibidagi SO_2 tarkibida anchagina miqdorda suv bug'lari bo'ladi, u vanadiyli katalizatorida sulfat angidridga oksidlanadi. Gazli aralashma keyinchalik kondensatorida sovitiladi, u yerda hosil bo'ladigan sulfat kislota bug'lari kondensatsiyalanadi. Bu usul

bo'yicha sulfit 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 pech (3) ga ventilyator (2) orqali uzatiladigan havo bilan aralashmasi beriladi. Pechdan 1000°C haroratda chiqadigan gaz yuttirish qozoni (4) ga keladi, u yerda gaz issiqligidan bug' olish uchun foydalaniladi. 450°C haroratgacha sovutilgan gaz oraliq issiqlik almashtirgichli kontakt jihozi (5) ga uzatiladi. Kontakt massa orasidan o'tadigan gazning haroratini pasaytirish uchun unga atmosfera havosi kiritiladi.



4.28-rasm. Yuqori konsentratsiyali sulfit angidrid gazidan sulfat kislota ishlab chiqarish sxemasi:

1 – filtri; 2 – ventilyator; 3 – pech; 4 – bug'li yuttirish qozoni; 5 – kontakt jihozi; 6 – sovitkich; 7 – minora-kondensator; 8 – elektrofiltr; 9 – aylanuvchi eritma yig'gichi; 10 – nasos

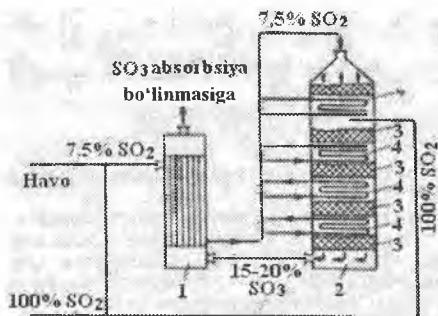
Tarkibida SO_3 va suv bug'i tutgan kontakt jihozidan chiqadigan gaz halqali to'ldirgich to'ldirilgan va sulfat kislota bilan suyuqlik taqsimlanadigan minoral kondensator (7) ga keladi. Taqsimlanadigan kislota harorati minoraga kirishda $50-60^{\circ}\text{C}$, minoradan chiqishda esa $80-90^{\circ}\text{C}$ ni tashkil etadi. Gazning sovutilishi natijasida sulfat angidrid va suv bug'idan sulfat kislota bug'lari hosil bo'ladi, so'ngra u kondensatsiyalanadi. Minora (7) ning 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 kondensatsiyalansa, qolgan qismi elektrofiltr (8) da kondensatsiyalantiriladi.

Konsentrlangan sulfit anhidriddan kontakt usulida sulfat kislota olish. O'xona gazlari yoki rangli metallurgiya gazlaridan ajratib olingan konsentrlangan sulfit anhidridni qayta ishlashning texnologik sxemasi ancha soddadir, chunki bunda sulfat kislotali tizimda pech bo'linmasi bo'lmaydi. Bundan tashqari, sulfit anhidridni 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 aralashirilganda sulfit anhidridning 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 massa qizib ketishining oldini olish uchun amalda quyidagi usul ishlatiladi: 100% li sulfit anhidrid ikkita bir xil oqimga ajratiladi, ulardan biriga barcha sulfit anhidridni 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 qatlamdan chiqadigan gaz 100% li sulfit anhidrid oqimi (yoki oqimning bir qismi) bilan qo'shiladi, gazlar aralashmasi $460-470^\circ\text{C}$ haroratgacha sovitiladi va kontakt massasining ikkinchi va keyingi qatlamlariga uzatiladi (4.29-rasm).

Bu sxemaning absorbsiya sxemasi odatdagicha bo'ladi. Kontakt gazidagi SO_3 ning konsentratsiyasi yuqori bo'lganligi uchun tarkibida 35% SO_3 (erkin) bo'lgan oleum olinishi mumkin.



4.29-rasm. **Konsentrlangan sulfit anhidrid bilan ishlaydigan kontakt bo‘linmasining sxemasi:**

1 – issiqlik almashtirgich; 2 – kontakt jihozi; 3 – kontakt massa; 4 – ichki issiqlik almashtirgich

Gipsdan kontakt usulida sulfat kislota olish. Gipsdan sulfat kislota ishlab chiqarishning texnologik sxemasida gipsning parchalanishi natijasida hosil bo‘ladigan sulfit anhidridning miqdori kolchedanning kuydirilishi natijasida hosil bo‘ladigan sulfit anhidrid 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 etilmaydi. Bu esa texnologik jarayonni soddalashtiradi.

Ishlatilgan kislotalardan sulfat kislota olish. Ishlatilgan kislota tarkibida ko‘p miqdordagi qo‘shimchalar tutganligi uchun yaroqsizlanadi va bunday kislotalar parchalanadi. Ifloslangan kislota pechda 1200°C haroratda organik birikmalar va ularning kuyundi mahsulotlari bilan parchalanadi:

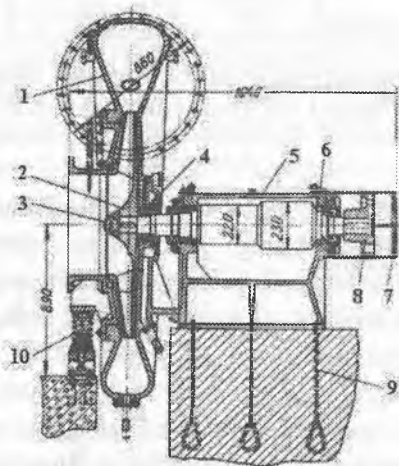


Hosil qilingan gazlar aralashmasi maxsus usullarda tozalashdan o‘tgandan so‘ng odatdagi usul bilan sulfat kislota ishlab chiqarishga yuboriladi.

Gaz va kislotani aralashtirish qurilmalari. Gazni aralashtirish uchun tizimdagi quritish bo‘linmasidan keyin o‘rnatiladigan gaz purkagich (nagnetatel)lar xizmat 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 m³/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 50⁰C gacha ortadi.

Purkagichda siqishga sarflanadigan quvvat (kvt da) quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$N = \frac{QH \rho g}{1000 \eta}$$

bu yerda: Q – purkagich unumdorligi, m³/sek; H – to‘la bosim kuchi (siquv), mm.sim.ust.; ρ – gazning zichligi, kg/m³; g – og‘irlik kuchi tezlanishi, m/sek²; η – purkagichning foydali ta’sir koeffitsiyenti (0,7-0,85).

Agar tizimning umumiy gidravlik qarshiligi kamaytirilsa, gaz purkagichning unumdorligi bir oz ortishi mumkin. Jihzlarning 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: $K = \frac{Q_2}{Q_1}$ - unumdorlikning ortish koeffitsiyenti; 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) $H_1 = 24700 \text{ n/m}^2$; gaz purkagich to'la quvvat bilan ishlaydi; kontakt bo'linmasi parallel ishlayotgan ikkita kontakt jihozidan iborat; jihzlarning gidravlik qarshiligi $h_1 = 11800 \text{ n/m}^2$.

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 tezligi 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:

$$h_1 = h_2 \left(\frac{w_2}{w_1} \right)^2 = 11800 \left(\frac{\sqrt[2]{3}w_1}{w_1} \right)^2 = 5230 \text{ n/m}^2.$$

Demak, umumiy gidravlik qarshilikning kamayishi:

$$\Delta H = 11800 - 5230 = 6570 \text{ n/m}^2 \text{ ni tashkil etadi.}$$

Olingan natijadan 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:

$$H_2 = (H_1 - \Delta H) \cdot K^2 = (24700 - 6570) \cdot 1,12^2 = 22700 \text{ n/m}^2.$$

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 koeffitsiyenti η doimiy deb qabul qilinadi, chunki ishlab chiqarishni ozgina o'zgartirilganda uning o'zgarishi sezilarsizdir.

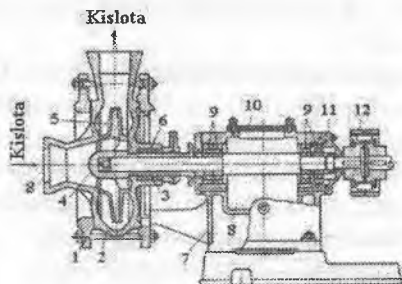
Filtrlar. Ko'pgina ishlab chiqarish korxonalarida gazni gaz purkash qurilmasidan qattiq zarrachalar va sulfat kislotaga bug'laridan tozalash uchun filtrlarga uzatiladi. Filtrlarni ko'pincha *moy ajratgichlar* deb ham ataladi. Eng sodda filtr sferik qopqoq va taglikka ega bo'lgan po'lat silindr ko'rinishida 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 kislotani 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 kislotaga uchun yuqori sifatli cho'yandan, oleum uchun esa po'latdan tayyorlanadi.

Nasosga kerakli quvvat (kvt da) quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

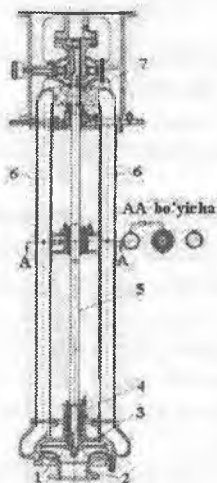
$$N = \frac{QH\gamma}{1000\eta}$$

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 koeffitsiyenti (0,35-0,55).



4.31-rasm. Markazdan qochma kislot nasosi:

1 – stanina (korpus qismi) birlashtirgichi; 2 – korpus; 3 – val; 4 – himoya ftulkasi; 5 – ishchi g‘ildirak; 6 – zichlashtirgich (sainik); 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

Nazorat uchun savollar

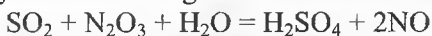
1. Katalizatorlar ishtirokida sulfat angidridni oksidlashning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.
2. Muvozanatdagi kontaktlanish darajasi deganda nimani tushunasiz?
3. Kontaktlanish jarayonida SO_2 ni SO_3 ga oksidlanish tezligi qanday bo'ladi?
4. Qanday turdagi vanadiyli kontakt massalarni bilasiz?
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. Kontaktli sulfat kislotasi ishlab chiqarish korxonasining absorbsiyalash bo'linmasida qanday jihozlar ishlatiladi.
15. 100% li sulfat angidrid va konsentrlangan oleum qanday olinadi?
16. Chiqindi gazlari qanday zararsizlantiriladi?
17. Yuqori sifatli sulfat kislotasi olish usullarini ayting.
18. Akkumulyator sulfat kislotasi ishlab chiqarish usulini tushuntiring.
19. Reaktiv sulfat kislotasi ishlab chiqarish usulini tushuntiring.
20. Oltingugurtdan kontakt sulfat kislotasi olish usulini tushuntiring.
21. Oltingugurtdan kontakt sulfat kislotasi olishning «Xemiko» usulini tushuntiring.
22. Nam kataliz usuli bilan vodorod sulfididan kontakt sulfat kislotasi olish usulini tushuntiring.
23. Konsentrlangan sulfat angidrididan kontakt sulfat kislotasi olish usulini tushuntiring.
24. Gipsdan kontakt sulfat kislotasi qanday olinadi?
25. Ishlatilgan kislotalardan sulfat kislotasi qanday olinadi?

V BOB

SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQRISHNING NITROZALI USULI

1-§. Sulfit anhidridni 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 anhidridi 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 yuttiriladi va h.k. 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.

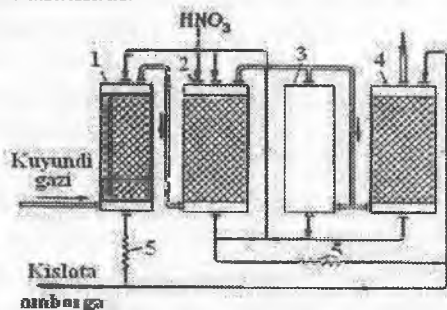
Nitrozali usulda sulfat kislotaga ishlab chiqarish jarayoni quyidagi bosqichlardan iborat:

1. Sulfit anhidrid olish.
2. Sulfit anhidridning nitrozaga yutilishi.
3. Sulfit anhidridni nitroza bilan oksidlash.
4. Nitrozani 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 sulfat anhidridni 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 kislotalaning denitratsiyasi, minora (1) esa denitratsiyalash minorasi deb ataladi. Bu minoradan chiqadigan denitratsiyalangan kislotalaning qariyb $\frac{1}{3}$ qismi omborga tayyor mahsulot sifatida chiqariladi, qolgan qismi esa oxirgi minora (4) ga taqsimlash uchun uzatiladi.



5.1-rasm. Minorali tizimning texnologik sxemasi:

1 – denitratsiyalovchi minora; 2 – mahsulot minorasi; 3 – oksidlovchi minora; 4 – absorbsiya minorasi; 5 – kislota sovitkichlari

Denitratsiya minorasiga oz miqdorda kislota taqsimlanganligi uchun u kuchli qiziydi va azot oksidlarining ajralishi ta'minlanadi. Kislotalaning denitratsiyasi bilan bir paytda minora (1) da sulfat anhidrid sulfat kislotalaga 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 kislotalaning 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 h.k.

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 kislotaning kattagina qismi (tizim mahsulotining 70-80% i) hosil bo‘ladi, shuning uchun uni *mahsulot minorasi* deyiladi. Kislota hosil bo‘lish jarayoni minora (2) ning 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 minorasi (3) ga 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.

Minora (3) da 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 minora (4) ga keladi, u yerda minoraga taqsimlanuvchi sulfat kislotaga azot oksidlari yutiladi; bu minora *absorbsiya* yoki *yuttirish minorasi* deyiladi.

Kuyundi gazini sovitishda 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 sovitiladi. Buning uchun sovitkichlar (5) o‘rnatilgan. Minorali kislota ishlab chiqarishda chiqindi gazlari, mahsulot kislotasi va boshqalar bilan bir qism azot oksidlari yo‘qotilishi mumkin. Unig

o‘mini to‘ldirish uchun mahsulot minorasi (2) ga nitrat kislotasi beriladi. Sulfat kislota hosil bo‘lishi uchun kerakli suv denitratsiya va mahsulot minoralari (1) va (2) ga 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 kislotaning 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 h.k.

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:

$$K_p = \frac{p_{\text{NO}}^2 p_{\text{O}_2}^2}{p_{\text{NO}_2}^2}$$

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 NO_2 – qora-qo‘ng‘ir gaz bo‘lib, atmosfera bosimida xona harorati ($20,7^\circ\text{C}$)dayoq suyuqlanadi. Azot dioksid azot qo‘shoksidga (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} , $p_{\text{N}_2\text{O}_4}$ – gaz fazasidagi NO_2 va N_2O_4 ning parsial bosimi, atm.

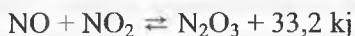
Nitroza jarayonida gaz fazasidagi azot oksidlarining umumiy miqdori 15% dan oshmaydi, NO ning oksidlanish darajasi juda kam hollarda 0,5 dan ortadi. Shuning uchun nitroza jarayonida gaz fazasidagi N_2O_4 miqdori juda kam bo‘ladi.

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°C harorat va $1,01 \cdot 10^5 \text{ n/m}^3$ (760 mm.sim.ust.) bosimida ekvimolekulyar azot oksidlari aralashmasining ($\text{NO} + \text{NO}_2$) atigi 10,5% qismigina N_2O_3 tarzida bo‘ladi. $3,5^\circ\text{C}$ 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:

$$K_p = \frac{P_{\text{NO}} P_{\text{NO}_2}}{P_{\text{N}_2\text{O}_3}}$$

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 kislotalarda 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.

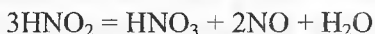
Bir xil konsentratsiyali boshlang'ich sulfat kislotalarda undagi N_2O_3 miqdori ortishi bilan nitroza jarayonida ishlatiladigan nitrozaning kristallanish harorati ortadi.

Suvsiz sulfat kislotalarda azot oksidlarining eritilishidan hosil qilingan nitrozilsulfat kislota anchagina barqaror bo'ladi. Sulfat kislotalarning suvli eritmasida hosil qilingan nitrozilsulfat kislota gidrolizlanib, sulfat kislota va nitrit kislota aralashmasini hosil qiladi:



Nitrozilsulfat kislotalarning gidrolizlanish darajasi haroratning ortishi va sulfat kislota konsentratsiyasining kamayishi bilan ortadi.

73% dan kam miqdorda H_2SO_4 tutgan kislotalarda azot oksidlari eritilishidan olingan nitrozada $HNSO_5$ gidrolizidan hosil bo'lgan nitrit kislota parchalanadi:



Nitroza jarayonida boshlang'ich sulfat kislotalarning, ya'ni kislotalardagi 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 kislotalardagi H_2SO_4 miqdori, %;

N – analiz natijasiga ko'ra nitrozadagi H_2SO_4 miqdori, %;

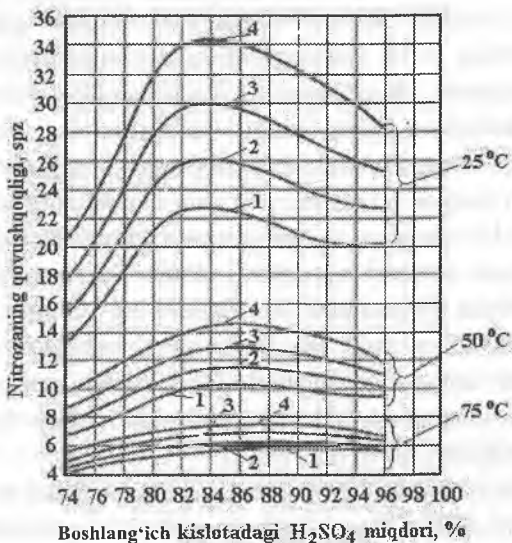
B – analiz natijasiga ko'ra nitrozadagi N_2O_3 miqdori (HNO_3 hisobida), %

NO ning sulfat kislota suvli eritmasidagi eruvchanligi juda kamdir. NO ning nitrozadagi eruvchanligi suvsiz sulfat kislota dagiga 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 nitrozanlanish 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% $HNSO_5$ da; 2 – 10% $HNSO_5$ da; 3 – 15% $HNSO_5$ da; 4 – 20% $HNSO_5$ 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 miqdorining yo'qotilishiga olib keladi.

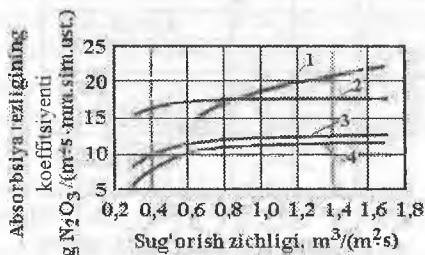
Nitrozali jarayon sharoitida sulfat kislotasi NO va NO_2 ning ekvimolekulyar aralashmasini oksidlanish darajasi o'zgarishsiz absorbsiyalaydi. Shuning uchun suyuq fazadagi azot oksidlari N_2O_3 tarzida bo'ladigandek ko'rinadi. Ammo nitrozali jarayondagi gaz tarkibida dissotsilanmagan N_2O_3 miqdori NO va NO_2 ning umumiy miqdoridan juda ham oz bo'ladi. Bundan sulfat kislotaning NO va NO_2 molekularini N_2O_3 molekulariga nisbatan ko'p yutishi ko'rinadi.

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 v.b.)ga bog'liqdir. Ulardan har birining ta'siri jarayon o'tkaziladigan aniq sharoitlarda aniqlanadi.

Minora ko'ndalang kesimi yuza birligidan taqsimlanadigan kislotasi o'tadigan miqdori suyuqlikni taqsimlash zichligi deyiladi va $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 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 $0,8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] absorbsiya tezligi ortmaydi (5.3-rasm).

Azot oksidlarining sulfat kislotaga absorbsiyasi tezligining gaz tezligi va minora to'ldirgichi suyuqlikni taqsimlash zichligiga bog'liqlik xususiyati shuni ko'rsataliki, yutish tezligiga gaz va suyuqlik plyonkalaridagi diffuziya jarayonlari emas, balki suyuq fazada kechadigan kimyoviy jarayonlar asosiy ta'sir ko'rsatadi. Buni sulfat kislotasi 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:

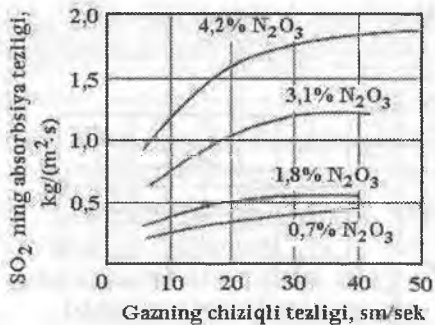
- 1 – kvars (bo'laklar o'lchami 50 mm); 2 – kvars (bo'laklar o'lchami 100 mm);
3 – halqa (o'lchami 80x80x8 mm); 4 – halqa (o'lchami 50x50x6 mm) joylashtirilgan

Yuqorida ko'rsatilganlardan quyidagi xulosalarga kelish mumkin:

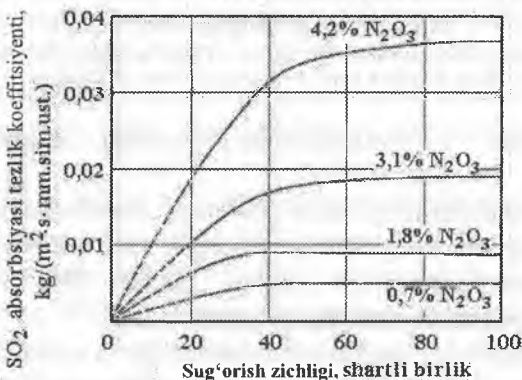
1. Azot oksidlarining sulfat kislotaga absorbsiya jarayoni suyuq fazadagi kimyoviy reaksiyalar orqali sodir bo'ladi.
2. Maksimal absorbsiya tezligi gazdagi NO va NO_2 ning ekvimolekulyar nisbatiga to'g'ri keladi.
3. To'ldirgichdagi gazning harakat tezligi va suyuqlikni taqsimlash zichligi katta bo'lganda, jarayonning umumiy tezligi asosan suyuq fazada kechadigan kimyoviy jarayonlar tezligi bilan aniqlanadi.

Sulfit anhidridning nitrozaga absorbsiyasi. Nitroza jarayonida sulfit anhidridning azot oksidlari bilan oksidlanishi suyuq fazada sodir bo'ladi. Shu sababli bu jarayon qachonki sulfit anhidrid nitrozaga yutilgandan so'nggina sodir bo'ladi. Shuning uchun SO_2 ning absorbsiya tezligi sulfat kislotaga olish nitroza jarayonining tezligini belgilaydigan asosiy omillardan biri hisoblanadi.

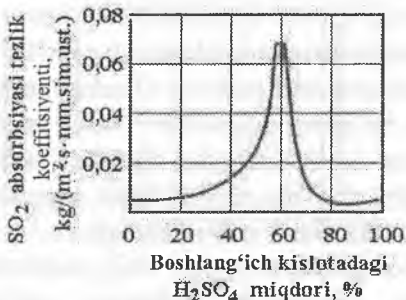
Absorbsiya minoralarida nitrozaga sulfit anhidridning yutilish tezligi – suyuqlikni taqsimlash zichligiga, sulfat kislotaning konsentratsiyasiga, haroratga va boshqa omillarga bog'liqdir (5.4-rasm). Suyuqlikni taqsimlash zichligining sulfit anhidrid absorbsiya tezligiga bog'liqligi xuddi sulfat kislotaga azot oksidlarining absorbsiyasiga o'xshaydi.



a



b



d

5.4-rasm. SO₂ absorbsiyasi tezligining (N₂O₃ turlicha miqdoridagi) gazning chiziqli tezligiga, suyuqlikni taqsimlash zichligiga va boshlang'ich kislot konsratsiyasiga bog'liqligi:

a – gazning boshlang'ich tezligi; b – suyuqlikni taqsimlash zichligi;

d – boshlang'ich kislot konsratsiyasi

Sulfit anhidrid absorbsiyasi tezligining sulfat kislota konsentratsiyasiga bog'liqligi o'ziga xos xususiyatga egadir. Bu jarayon sulfat kislolaning past konsentratsiyasida sekin kechadi. Konsentratsiya ortishi bilan sulfit anhidrid 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 $100-110^{\circ}C$ harorat intervalida bu xususiyat birmuncha o'zgaradi, ya'ni absorbsiya tezligi keskin ortadi va undan yuqori haroratda absorbsiyalanish yana sekinlik bilan ortadi. Bu shunday harorat chegarasida nitrozilsulfat kislota gidroliz tezligining ortishi bilan izohlanadi.

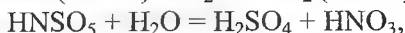
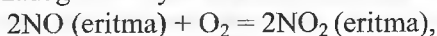
Nitroza jarayonida gazdagi SO_2 konsentratsiyasi kam o'zgaradi va shunga bog'liq holda kislorod konsentratsiyasi ham kam o'zgaradi. Bu o'zgarishlar nitrozaga sulfit anhidrid absorbsiyalanish tezligiga katta ta'sir ko'rsatmaydi.

Sulfit anhidridning nitroza bilan oksidlanishi. Nitroza jarayonida sulfat kislota hosil bo'lishi quyidagi sxemalar orqali ifodalanishi mumkin:

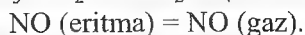
- gazning suyuqlikka yutilishi:



- suyuq fazadagi reaksiyalar:



- suyuq fazadan azot oksidini ajratish:



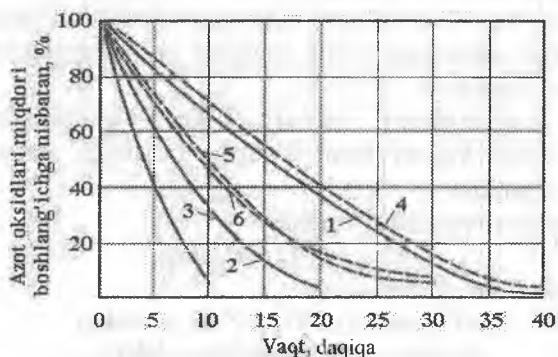
SO_2 ning gaz fazasida oksidlanishi aniqlanmagan. Agar bunday reaksiya sodir bo'lsa ham juda oz darajada bo'ladi va u nitroza jarayonida sulfat kislota hosil bo'lishining umumiy jarayoniga sezilarli ta'sir ko'rsatmaydi.

Nitrozadan azot oksidlarini yo'qotish (denitratsiya). Denitratsiya minorasida taqsimlanadigan kislotaldagi azot oksidlarini yo'qotish deyarli to'la amalga oshirilishi lozim. Bu azot oksidlari yo'qotilishini kamaytirish va yuqori sifatli mahsulotlar olish uchun ham zarur. Shuning uchun sulfat kislotalari 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.

Gazdagi SO₂ miqdori ortishi bilan SO₂ oksidlanish tezligining ortishi va kislota 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 kislota yaxshi eriydi.



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

Gaz fazada azot oksidlarining kislorod bilan oksidlanishi. Azot oksidlari sulfat kislota faqat NO va NO₂ ning ekvimolekulyar nisbatidagina yaxshi absorbsiyalanadi. Azot oksidlarining yuqori yoki quyi darajada oksidlanganligi (ekvimolekulyar nisbatiga solishtirilganda) yutirish 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 darajasi:

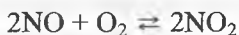
$$K_p = \frac{P_{NO}^2 P_{O_2}}{P_{NO_2}^2} = P \frac{(1-X)^2 (n-mX)}{X^2 (1-mX)} P_{NO_2}^2$$

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; $n - 1$ m³ gazdagi kislorod hajmi, m³; $m - 1$ m³ gazdagi NO hajmi, m³.

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, O₂ va NO₂ gazlar aralashmasi muvozanatida NO miqdori juda kam. Shuning uchun nitroza jarayonida NO₂ ning dissotsiatsiya tezligi juda kam deb hisoblash mumkin va NO ning oksidlanish tezligini:



reaksiyasi bo'yicha hisoblashda qaytar reaksiya tezligini hisobga olmaslik mumkin. 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.

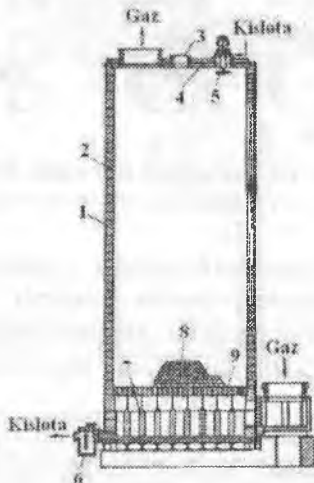
Minora to‘ldirgichlari. Gazning suyuqlik bilan iloji boricha to‘la to‘qnashishini ta‘minlash uchun minoralar to‘ldirgichlar bilan to‘ldiriladi. To‘ldirgichli minoralarda gaz suyuqlik bilan namlangan to‘ldirgichlarning sirtida to‘qnashadi, ochiq minoralarda esa changlanadigan suyuqlikning mayda tomchilari 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 m³ hajmdagi to‘ldirgichning gaz o‘tadigan bo‘shliq hajmi (m³/m³ da); bu ko‘rsatkich to‘ldirgichning gidravlik qarshiligini aniqlaydi.

- 3) Hajmiy massa (kg/m^3 da).
- 4) Kislota bardoshligi.
- 5) Arzonligi.

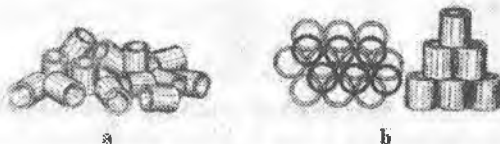


5.6-rasm. Niqoblangan po'lat minora:

1 – po'lat korpus; 2 – niqob; 3 – lyuk; 4 – armaturali kislota bardosh betondan tayyorlangan tom qismi; 5 – changlatuvchi quvur; 6 – gidravlik zatvor; 7 – kolosnik panjara kolonnalari; 8 – to'ldirgich; 9 – kolosniklar

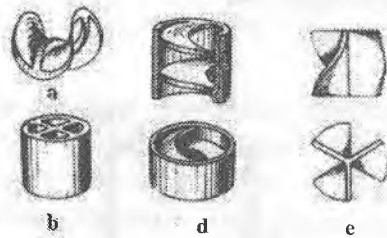
5.7- va 5.8-rasmlarda sulfat kislota sanoatlarida qo'llanilayotgan to'ldirgichlar turlari tasvirlangan.

Minoraning to'ldirgich to'ldirilgan balandligi N ning uning ichki diametri D ga nisbati (N/D) 2-3 dan kam bo'lmasligi va 6-8 dan katta bo'lmasligi lozimdir. N/D nisbat kichik yoki katta bo'lganda, suyuqlik taqsimlanadigan to'ldirgichni bir xilda namlamaganligi sababli ko'pincha absorbsiyaning kerakli darajada to'la amalga oshirilishiga erishib bo'lmaydi.



5.7-rasm. Minoralarning halqali to'ldirgichi:

a – to'kib qo'yilgan; b – taxlangan



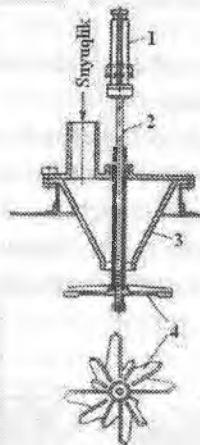
5.8-rasm. Har xil shakldagi keramik to'ldirgichlar:

a -- egarsimon to'ldirgich; b -- to'r teshikli halqa; d -- spiralli halqa; e -- propellerli to'ldirgich

Suyuqliklarni uzatish uchun taqsimlash qurilmalari. Minoralarning, shuningdek, barcha minerali tizimning me'yorida ishlashi nafaqat taqsimlanadigan kislotani miqdoriga, balki minora ko'ndalang kesimi bo'yicha kislotaning bir xilda taqsimlanishiga ham bog'liqdir.

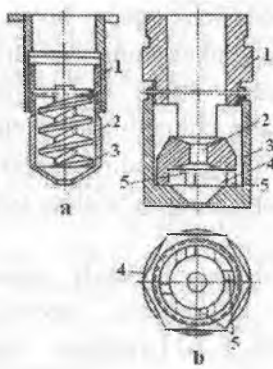
Minoraning ko'ndalang kesimi bo'yicha taqsimlanadigan kislotani taqsimlash uchun juda ko'p turdagi qurilmalar ishlatiladi.

Zamonaviy korxonalarda minora tomining markaziga o'rnatiladigan markazdan qochma sachratqichlar keng ko'lamda ishlatilmoqda (5.9-rasm).



5.9-rasm. Markazdan qochma sachratqich:

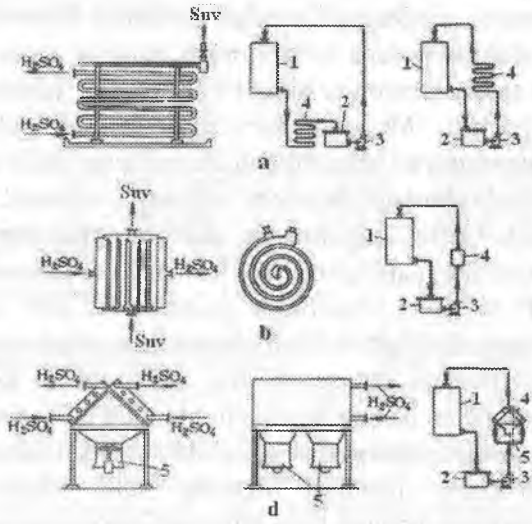
1 -- aylanma harakatlantirgich; 2 -- val; 3 -- kislotani uchun kamera; 4 -- minora tomi; 5 -- parrakli taqsimlagich



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

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



5.11-rasm. Kislota sovitkichlari:

- a – suyuqlik taqsimlanuvchi; b – spiralli; d – havoli
- 1 – minora; 2 – yig'gich; 3 – nasos; 4 – sovitkich; 5 – havo ventilyatori

taqsimlanadi. 5.10-rasmda ichki qismi bo‘sh minoralarda suyuqlikni sachratuvchi mexanik forsunkalarning ikki turi tasvirlangan.

Kislota sovitkichlari. 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 sovitkichlarining ishi bilan belgilanadi.

Sulfat kislota ishlab chiqarish sanoatlarida turli xildagi ko‘tarma, suyuqlikni taqsimlash, quvurli va boshqa kislota sovitkichlari ishlatiladi. 5.11-rasmda bunday sovitkichlarning sxemalari ko‘rsatilgan.

2-§. Minorali tizimning texnologik tartibi (rejimi)

Minoralar miqdori. Sulfit angidridni minorali usul bilan qayta ishlash jarayoni xususan ikki bosqichda amalga oshiriladi:

- 1) sulfit angidridni oksidlash va sulfat kislota olish;
- 2) chiqindi gazlaridan azot oksidlarini absorbsiyalash.

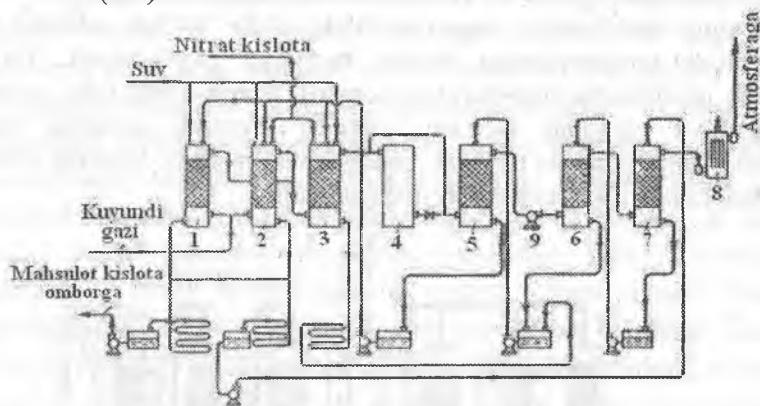
Bu bosqichlardan har bir amalda bir necha jarayonlarni qamrab oladi va bir necha minoralarda amalga oshiriladi. Minoralar bo‘yicha jarayonlarni alohida-alohida to‘la ajratish mumkin emas, chunki har bir minorada asosiy jarayonlar bilan bir vaqtda qo‘shimcha jarayonlar ham sodir bo‘ladi. Masalan, birinchi minorada sulfat kislotali eritmaning denitratsiyasi bilan birgalikda bir qism sulfit 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 hattoki 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 buzilishining 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 (kg/m^3 da) barcha minoralar hajm yig'indisining birligida sutkasiga olinadigan sulfat kislotasi (100% H_2SO_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 konsentrator (2) ga keladi. Bu minoralardan chiqadigan gazlar bitta umumiy oqimga qo'shiladi va ikkinchi mahsulot minorasi (3) ga yuboriladi. Shundan keyin gaz oksidlovchi hajm – minora (4) va uchta absorbsiya minoralari (5-7) dan o'tadi.



5.12-rasm. Zamonaviy yetti minorali tizim tasviri:

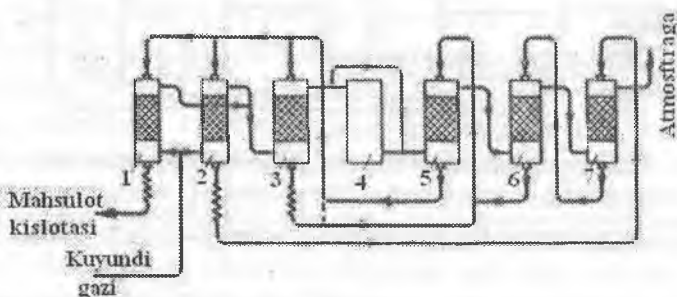
- 1 – denitratsiya minorasi (denitrator); 2 – birinchi mahsulot minorasi (konsentrator);
- 3 – ikkinchi mahsulot minorasi; 4 – ichki qismi bo'sh oksidlash minorasi (oksidlash hajmi);
- 5–7 – absorbsiya minoralari (absorberlar); 8 – elektrofiltr; 9 – chiqindi gaz ventilyatori

Gaz oxirgi absorbsiya minorasi (7) dan sulfat kislotasi tomchilari va bug'larini tutib qolish uchun siklon – tomchi ushlagichga yoki elektrofiltr (8) ga 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, minora (1-5) lar vakuum ostida, minora (6), (7) lar va elektrofiltr (8) bosim ostida ishlaydi.

Tizimning boshida qo'shimcha minora o'rnatish, ulardan birida (1-minora) azot oksidlari miqdori minimal (0,03%) bo'lgan mahsulot sulfat kislotasi, ikkinchisi mahsulot minorasi (2) da esa oxirgi absorbsiya minorasi (7) ni suyuqlikni taqsimlash uchun beriladigan nisbatan kam denitrozalangan (0,5% gacha azot oksidlari bo'lgan) sulfat kislotasi olish imkoniyatini yaratadi. Absorbsiya minorasi (7) uchun taqsimlashga beriladigan kislotada 0,5% gacha azot oksidlarining bo'lishi, unda azot oksidlarining absorbsiyalanishiga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatmaydi, kislotada miqdori esa talab etiladigan minoraning suyuqlikni taqsimlash zichligini hosil qilish uchun yetarlidir. Bundan tashqari, ikkinchi mahsulot minorasi kislotasining 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 minorasi (3) da SO_2 ning oksidlanishi yuqori tezlikda sodir bo'ladi, chunki bu minoradan konsentrlangan nitroza suyuqligi taqsimlanadi. Tizim oxirida qo'shimcha absorbsiya minorasi (7) ning o'rnatilishi, asosan sanitar va ekologik talablar bo'yicha chiqindi gazlarini azot oksidlaridan yetarlicha tozalash imkoniyatini yaratadi. Shuning uchun bu minorani *sanitar minora* deb ham ataladi.



5.13-rasm. Yetti minorali tizimdagi suyuqlikni taqsimlash tizimining tasviri (minoralarni belgilash 5.12-rasmdagi kabidir)

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.

Ikkala (5.12- va 5.13-rasm) sxemada ham konsentrlangan va denitrolangan sulfat kislota minora-konsentrator (2) dan oxirgi absorbsiya minorasi (7) ni suyuqlikni taqsimlashga uzatiladi, buning natijasida azot oksidlarining yuqori darajada yutilishi ta'minlanadi. Maksimal miqdordagi azot oksidlari tutgan kislota (5-minoradan) mahsulot minoralariga (2) va (3) suyuqlik taqsimlanadi, bu sulfit angidrid oksidlanishini yuqori tezlikda borishini ta'minlaydi.

Agar mahsulot minorasi (2) dan keladigan kislota miqdori oxirgi absorbsiya minorasi to'ldirgichlarini to'la namlash uchun yetarli bo'lmasa, absorber (7) dan chiqadigan kislotaning bir qismi uning 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 h.k.

Minoralarga quyi konsentratsiyali (75% H_2SO_4 dan kam) kislotani taqsimlash azot oksidlarining absorbsiyalanishini

yomonlashishiga va ularning 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, sulfid anhidridning 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 minoralari absorbsiya minoralaridan keladigan kislota taqsimlanadi, ular harorati va nitrozaliligining ortishi bilan azot oksidlarining yutilishi yomonlashadi. Shunga bog'liq holda minimali jarayonda taqsimlanadigan kislota maqbul (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 sovituvchi suv harorati bilan aniqlanadi. Texnologik me'yorlar bo'yicha tizim oxirgi minorasiga taqsimlanadigan kislota harorati $40^{\circ}C$ 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.

Birinchi absorbsiya minorasiga taqsimlanadigan kislota $45-55^{\circ}C$ haroratga ega bo'ladi. Azot oksidlarining absorbsiyasi va suv bug'ining kondensatsiyasi natijasida ajraladigan issiqlik hisobiga kislota $15-20^{\circ}C$ ga qiziydi va birinchi absorberdan chiqishda $60-75^{\circ}C$ 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 kislotaning nitrozaliligi sulfit anhidridni sulfat kislotaga to'la qayta ishlanishini amalda ta'minlashi kerak: oxirgi mahsulot minorasidan chiqadigan gazdagi SO₂ miqdori 0,2% dan oshmasligi lozim. Suyuqlikni taqsimlash nitrozaliligi ortishi bilan minoralardagi SO₂ ni qayta ishlash jadalligi ortadi. Shuning uchun zamonaviy minorali tizimlarda mahsulot minorasiga taqsimlanadigan kislotaning nitrozaliligi 15-16% ga yetadi. Lekin kislota nitrozaliligining ortishi bilan SO₂ 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 HNO₃ kg hisobida) bog'liqdir. Minorali tizimlarda ularning jadalligi sutkasiga 200-250 kg/m³ ga yetadi, azot aylanishi esa 700-900 kg/t ni tashkil etadi.

Azot aylanishi kislotaning taqsimlanish miqdori va nitrozaligi bilan bog'liq quyidagi nisbat bilan aniqlanadi:

$$G_{HNO_3} = \frac{\sum G_k N_k - \sum G_{ch} N_{ch} + B}{Q}$$

bu yerda: G_k va G_{ch} – mahsulot minorasiga kiradigan va undan chiqadigan nitroza miqdori, kg/soat; N_k va N_{ch} – kiradigan va chiqadigan nitrozalardagi HNO₃ miqdori, birlik ulushda; B – yo'qotishni to'ldirish uchun tizimga beriladigan HNO₃ miqdori, kg/soat; Q – 100% li H₂SO₄ 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 tezligining kamayishiga olib keladigan, keragidan ko'p miqdordagi NO oksidlanishining oldini olish uchun oksidlash hajmida (minorasida) NO va NO_2 ekvimolekulyar nisbatiga nisbatan oz miqdordagi NO ni NO_2 ga oksidlanadi. Absorbsiya minoralarida NO ning qo'shimcha oksidlanishi natijasida ekvimolekulyar nisbatdagi NO va NO_2 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 SO_2 ni oksidlash yakunlanishi, balki NO ni kerakli darajagacha oksidlash ta'minlanishi lozimdir.

Minorali tizimning issiqlik balansi. Minorali tizimning sovitkichlar 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 – H_2SO_4 olish reaksiyasining issiqligi; $Q_{\text{suyult.}}$ – mahsulot kislotasining belgilangan konsentratsiyasigacha H_2SO_4 ni suyultirish issiqligi; $Q_{\text{kond.}}$ – gaz bilan kiradigan gazning kondensatsiya issiqligi; Q_s – sovitkich suv bilan chiqib ketadigan issiqlik; Q_y – tashqi muhit bo'yicha tizimda yo'qotiladigan issiqlik.

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	Sovitkich suv bilan chiqib ketadigan	3880	3510
Suv bug'ining kondensatsiya issiqligi	150	150			
Hammasi:	4000	3600	Hammasi:	4000	3600

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.

Topshiriq. Birinchi minoraning issiqlik balansini hisoblang.

Boshlang'ich ma'lumotlar:

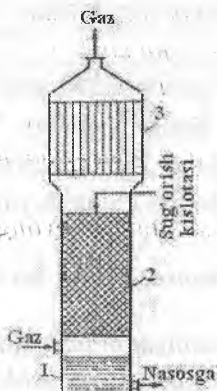
Minorali tizim unumdorligi A, t/soat H ₂ SO ₄	10
Gazning harorati, °C:	
minoraga kirishda t _n	350
minoradan chiqishda t _k	100
Minoraga taqsimlanadigan kislota miqdori, m ³ /soat	45
Taqsimlanuvchi kislota konsentratsiyasi, % H ₂ SO ₄	75 (61,2% SO ₃)
Kislota harorati, °C:	
minoraga taqsimlanadigan t _n	50
minoradan chiqadigan t _n	130
Minorada oksidlanadigan SO ₂ ulushi, z	0,2
Minoraga kiradigan gazdagi oltingugurtdan foydalanish darajasi, η	0,94

Jadvaldan ko'rish mumkinki, 1 t H₂SO₄ olishda sovitkichlarda suv bilan qariyb 4000 mj (1 mln kkal) issiqlik chiqarib olinishi kerak. Issiqlik uzatish tenglamasiga muvofiq, sovitishga beriladigan kislota harorati qanchalik yuqori bo'lsa, sovitkichlardagi kerakli darajadagi

issiqlik almashinish yuzasi shunchalik bo‘ladi. Bu shuni bildiradiki, mahsulot minorasidan chiqadigan kislotadan barcha issiqlikni ajratib olinsa va uni to‘la sovitish agentiga uzatilsa sovitish tizimi samarador bo‘ladi. Agar absorbsiya minorasi «o‘zini-o‘ziga» suyuqlik taqsimlasa va unga sovitkichlar o‘rnatilgan bo‘lsa, talab etiladigan sovitish yuzasi birmuncha kattalashadi.

Chiqindi gazlarini zararsizlantirish. Azot oksidlarini ajratib olish. Azot oksidlarining bir qismi (0,25% yoki $4,7 \text{ g/m}^3$ 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 kislotaga yo‘qotiladi. Shuning uchun chiqindi gazlari maxsus usulda azot oksidlaridan tozalanadi.

Chiqindi gazlarini azot oksidlaridan tozalashning eng samarador usuli – gazni konsentrlangan sulfat kislotaga qayta ishlashdir. Buning uchun tashqaridan yoki denitratsiya minorasidan olinadigan kislotaga hisobiga to‘ldirilgan va «o‘z-o‘ziga» suyuqlik taqsimlaydigan sanitar absorbsiya minorasi o‘rnatiladi.



5.14-rasm. Minorali tizimda chiqindi gazlarini tozalash uchun jihoz:

1 – kislotaga yig‘gichi; 2 – to‘ldirgich; 3 – elektrofiltr

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 minorali zavodlar chiqindi gazlarining 1 m^3 da 5 g sulfat kislota bug'i bo'ladi.

Chiqindi gazlaridan bug' va tomchilarni ajratib olish uchun minorali zavodlarda elektrofiltrlar 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-konsentrator keladigan sovitilgan sulfat kislota taqsimlanadi.

Minorali 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 asoslarini ayting.*
4. *Azot oksidlarini sulfat kislota bilan absorbsiyalash qanday amalga oshiriladi?*
5. *Azot oksidlarining xossalari ayting.*

6. Azot oksidlarining absorbsiya tezligi qanday bo'ladi?
7. Sulfit angidridning nitrozaga absorbsiyasi qanday amalga oshadi?
8. Sulfit 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 takroriyligi 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 gazlarining zararsizlantirish usullarini ayting.

VI BOB

SULFAT KISLOTANI KONSENTRLASH

1-§. Sulfat kislotani konsentrlashning fizik-kimyoviy asoslari

Sulfat kislotani konsentrlashning maqsadi va mohiyati. Sulfat kislotasi ko'p miqdorda suv tortib oluvchi vosita sifatida, masalan, nitrat kislotani konsentrlashda, organik sintezning ko'pgina jarayonlarida, portlovchi moddalar ishlab chiqarishda, gazlarni quritishda va hokazolarda ishlatiladi. Bunda oz miqdorda bo'lsa ham sulfat kislotasi sarflanib ketadi (sanoatdagi yo'qotish), asosan u jarayondan suyultirilgan (kuchsiz) kislotasi tarzida chiqib ketadi. Bunday kislotasi konsentrlanadi va sanoat sikliga qaytariladi yoki boshqa iste'molchilarga yuboriladi. Konsentrlangan sulfat kislotasi yetishmaganda esa tarkibida 75% H_2SO_4 bo'lgan nisbatan kuchsiz minorali kislotasi ham konsentrlanishi mumkin.

Ko'pchilik hollarda suv tortib oluvchi sulfat kislotasi nafaqat suyuladi, balki jarayon paytida turli xil qo'shimchalar bilan ifloslanadi. Masalan, portlovchi moddalar ishlab chiqarishda chiqindi sulfat kislotasi tarkibida nitrat kislotasi, nitrobirikmalar, smolalar kabi qo'shimchalar bo'ladi; spirtlar ishlab chiqarishda chiqindi kislotada turli xil uglevodorodlar uchraydi. Chiqindi kislotasi tarkibidagi qo'shimchalar undan olinadigan konsentrlangan kislotasi sifatini pasaytiradi, ko'pincha, konsentrlash jarayonini qiyinlashtiradi. Bunday hollarda chiqindi kislotani iloji boricha oldindan qo'shimchalardan tozalashga harakat qilinadi.

HNO_3 qo'shimchalari, odatda, sulfat kislotasini bug' bilan denitratsiyasi yo'li bilan yo'qotiladi, nitrobirikmalar va smolalar esa tindirish va ekstraksiyalash orqali ajratiladi. Ayrim hollarda, kislotani qo'shimchalardan tozalashning imkoni bo'lmasa va u konsentrlash uchun yaroqsiz bo'lsa, uni suyultirilgan (kuchsiz) kislotasi sifatida undagi qo'shimchalar jarayonga ta'sir ko'rsatmaydigan sohalarda (masalan, superfosfat ishlab chiqarishda) ishlatiladi yoki sulfat kislotasi SO_2 ga parchalanadi.

Sulfat kislotani konsentrlash jarayoni qizdirilganda, undan namlikni yo'qotilishidan iborat; 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 kattaliklari 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 kislotadan 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 kislotada 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 kislotada miqdori ham shunchalik ko'p bo'ladi. Zamonaviy konsentrlash qurilmalarida bu miqdor nisbatan katta emas. Shuning uchun umumiy issiqlik balansida sulfat kislotaning bug'lanish issiqligi odatda hisobga olinmaydi.

Sulfat kislotada eritmasini qizdirish uchun kerak bo'ladigan issiqlik miqdorini quyidagi formula bilan hisoblanishi mumkin:

$$Q = G(H_2 - H_1)$$

bu yerda: G – qizdiriladigan kislotada miqdori, kg; H_1 va H_2 – 1 kg kislotada $0^\circ C$ dan boshlang'ich harorati t_1 gacha va konsentrlash harorati t_2 gacha qizdirish uchun kerak bo'ladigan issiqlik miqdori, kkal/kg.

Kislotadan 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 yerda: Q_2 – suvni yo'qotish uchun kerak bo'ladigan issiqlik (1 kg H_2SO_4 hisobida), kJ (yoki kkal); a – kislotaning boshlang'ich konsentratsiyasi, % H_2SO_4 ; b – kislotaning oxirgi konsentratsiyasi, % H_2SO_4 .

Q_2 nisbatan aniqroq bug'latish sodir bo'ladigan haroratni hisobga olgan holda aniqlanadi:

$$Q_2 = \left[\frac{412M_2 + 76}{M_2 + 0,35} + \frac{(0,585M_2 + 0,164)(t-15)}{M_2 + 0,235} \right] - \left[\frac{412M_1 + 76}{M_1 + 0,35} + \frac{(0,585M_1 + 0,164)(t-15)}{M_1 + 0,235} \right]$$

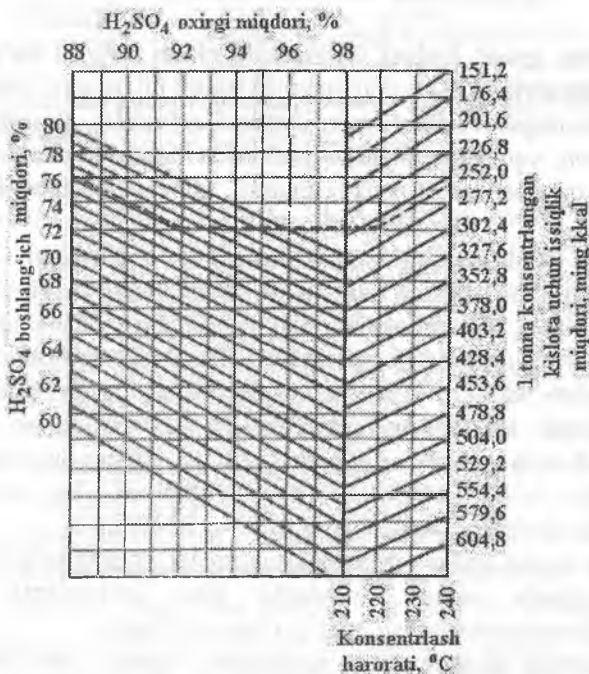
bu yerda: M_1 – boshlang‘ich kislotadagi suv va H_2SO_4 miqdorlarining nisbati; M_2 – oxirgi (konsentrlangan) kislotadagi suv va H_2SO_4 miqdorlarining nisbati.

Suvning bug‘lanish issiqligi (1 kg bug‘langan H_2O) quyidagi formula bilan hisoblanishi mumkin:

$$Q_3 = 83,9\sqrt[3]{365 - t} \text{ kkal}$$

bu yerda: t – bug‘latish harorati, $^{\circ}C$.

Atrof-muhitga yo‘qotiladigan issiqlik Q_4 konsentrlash qurilmasining tuzilishiga, uning ishlash rejimiga, unumdorligiga va boshqalarga bog‘liq.



6.1-rasm. Kislotani konsentriash uchun umumiy issiqlik miqdorini aniqlash nomogrammasi

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).

Nomogramma bo'yicha faqatgina taxminiy sarflanadigan issiqliknigina aniqlash mumkin, lekin bu ishlab chiqarish amaliyoti aniqligi uchun yetarlidir.

2-§. Sulfat kislotani konsentrlash

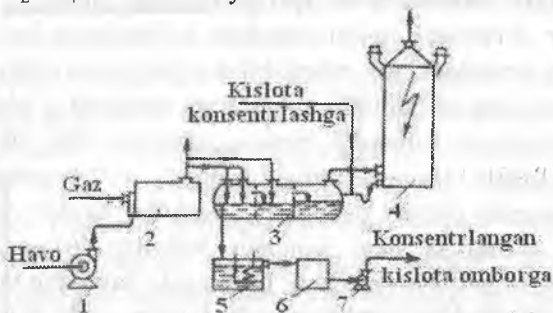
Qaynoq gazni kislota bilan to'g'ridan to'g'ri to'qnashishi orqali konsentrlash. Qaynoq gazni kislota bilan to'g'ridan to'g'ri to'qnashishi orqali konsentrlash jihozlarida issiqlik almashinishning yaxshi sharoiti yaratiladi; bunday jihozlarda harorat konsentrlanadigan kislotaning qaynashigacha yetkazilmaydi, jihozlar sodda va keraklicha 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 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 konsentratolar ishlatish yo'lga qo'yilgan.

Barbotajli konsentratolar qurilmasi. Bunday qurilma o'txona (2) va gorizontal silindr (baraban) shaklidagi uchta kameraga vertikal to'siqlar bilan ajratilgan konsentratolar (3) dan iboratdir (6.2-rasm). Kuchsiz sulfat kislota uchinchi kameraga (gaz harakati bo'yicha) tushadi va ichki kameralar bo'yicha uchinchidan 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 kislotaga qatlamlari orqali barbotajlanadi. Bunda gaz va kislotaning yaqin tutashuvi hosil qilinadi, shu sababli ular orasida jadal issiqlik almashinuvi sodir bo'ladi. Kislotaga kameradan kameraga oqib o'tishda doimo qizib boradi, uning ustidagi bug' bosimi ortadi, suv bug'lanadi va kislotadagi H_2SO_4 konsentratsiyasi ortadi.



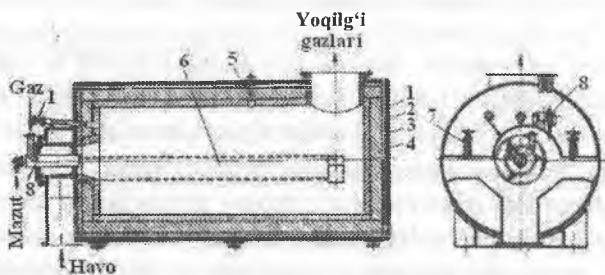
6.2-rasm. Barbotajli konsentrat qurilmasining tasviri:

1 – havo purkagich; 2 – o'txona; 3 – barbotajli konsentrat; 4 – elektrofiltr; 5 – kislotaga sovutkich; 6 – kislotaga yig'gichi; 7 – nasos

Birinchi kamerada kislotaga 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 kislotaga 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 kislotaga 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 kislotaga 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 kislotaga kondensatlanadi. Madomiki shunday ekan, bu kamerada kislotaga harorati va konsentratsiyasi nisbatan past, bu yerda vujudga keladigan sulfat kislotaga bug'larining to'yinishi S qariyb 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 kislotaga bug'larining asosiy qismi bo'shliqda tuman hosil qilib kondensatlanadi. Bu

kameradan chiqadigan gazdagi tumanning miqdori (gaz oqimi bilan birga chiqib ketadigan kislotat tomchilarini hisobga olmaganda) 40 g/m^3 ni tashkil etadi. Sulfat kislotali tuman va tomchilarini ajratib olish uchun gaz konsentratoridan elektrofiltr (4) ga yuboriladi. Unda tutib qolingani kislotali kondensat konsentratorga qaytariladi. Birinchi kameradan chiqarib olinadigan konsentrlangan sulfat kislotat sovitkich (5) orqali yig'gich (6) ga tushadi, u yerdan omborga jo'natiladi.

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 ventilyator orqali po'lat qutiga beriladi, undan o'txonaning oldingi devoridagi markaziy tirqish orqali 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.



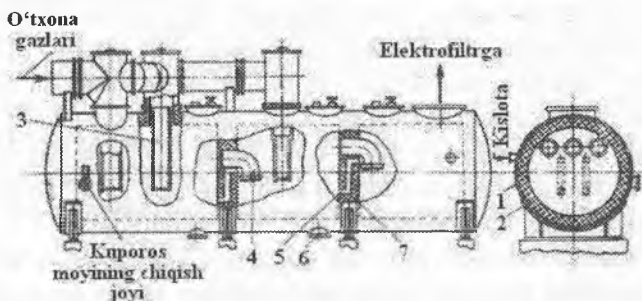
6.3-rasm. Barbotajli konsentrator o'txonasi:

- 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 forsunka (8) ning 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'xonadan cho'yan gaz o'tkazgich orqali kondensatorga yuboriladi. Mazut, tabiiy yoki neft gazi yondirilganda o'xonaning issiqlik kuchlanishi ortiqcha havo ko'effitsiyenti 1,15 bo'lganda 1 m^3 o'txona gaziga 800-1000 mj/soat (200-250 mln kal/soat)ni tashkil etadi. Yoqilg'ini yondirish shunday boshqariladiki, bunda o'txona gazlari tarkibida to'la yonmagan mahsulotlar bo'lmasligi 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 gorizontaal silindr shaklida payvandlangan ko'rinishda bo'ladi (5.4-rasm). Silindrning 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 kamerarga 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 kislotabardosh 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 maxsus 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 800-900⁰C chegarasida ushlab turiladi.

Konsentratorga kiradigan gaz tarkibida yoqilg'ining chala yonish mahsulotlari bo'lmasligi kerak, aks holda sulfat kislotaning yo'qotilishi bunda ham ortadi. Bundan tashqari, yoqilg'ining chala

yonishi oqibatida undan samarali foydalanib bo'lmaydi va tayyor mahsulot tannarxi ortadi.

Bundan ko'rinadiki, o'txonaga beriladigan havo va yoqilg'ı miqdorlarining nisbati yog'ilg'ining to'la yonishini va o'txona gazlari yetarlicha yuqori haroratga erishishini ta'minlashi kerak.

Uch kamerali barbotajli konsentratorning taxminiy rejimi:

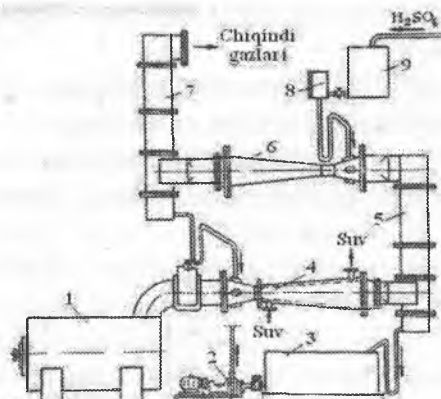
Kamera	1-chi	2-chi	3-chi
Gazning harorati, °C:			
kirishda	820	255	185
chiqishda	255	185	153
H ₂ SO ₄ konsentratsiyasi, %:			
kirishda	80	76	68
chiqishda	94	80	76
Kamerada kislotaning harorati, °C	250	163	140
O'txonadan oldin havo bosimi, mm.sim.ust.	1000	—	—

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 qaynoq gaz berilganda esa, u 11 g/m³ gacha kamayadi.

Venturi quvurli qurilma. Mavjud 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 mushkul, ular anchagina katta va murakkab hisoblanadi. Shu munosabat bilan quvurdagi qaynoq gaz oqimida kislotaning changlanishi bilan ishlaydigan konsentratorlarga katta qiziqish ortadi.

Gazning yuqori tezligida va katta sirt yuzada sulfat kislotaning 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 – oʻtxona; 2 – nasos; 3 – kislota sovitkichi; 4 – venturi quvuri (konsentratör);
 5,7 – siklon-separatorlar; 6 – venturi quvuri (tuman tutgich); 8 – meʼyorlashtirgich (dozator);
 9 – taʼminlash idishi

Konsentrlash jarayoni quyidagilardan iborat: konsentrlanadigan sulfat kislota ikkinchi (gaz harakati yoʻnalishi boʻyicha) venturi quvuri (6) ga beriladi, u yerda changlanadi va mayda tomchilar tarzida gaz oqimi bilan siklon (7) da ushlab qolinadi, u yerda tomchilar choʻktiriladi; gaz oqimining tezligi ortishi bilan hosil boʻladigan tomchi oʻlchami kamayadi; gaz tezligi 100 m/sek boʻlganda suyuqlik qariyib 10 mk oʻlchamli tomchilarga boʻlinadi; quvurning kengaygan qismida gaz oqimining tezligi kamayadi, tomchilar bir-biriga urilib, ularning oʻlchami 10-20 mk gacha yiriklashadi; bunday oʻlchamdagi tomchilar siklonda ushlab qolinishi uchun yetarlidir; siklonda yigʻiladigan sulfat kislota birinchi venturi quvuri (4) ga tushadi, u yerda barcha kislota changlanadi va gaz oqimi bilan siklon (5) da ushlab qolinadi, u yerda ajratilgan konsentrlangan sulfat kislota sovitkich (3) ga oʻtadi.

Kislota tomchilari hosil qiladigan va uni bugʻlatadigan qaynoq oʻtxona gazi oʻtxona (1) dan 950-1000^oC haroratda birinchi venturi quvuri (4) ga keladi. Bu yerda gaz 220-230^oC haroratgacha, ikkinchi quvur (6) da esa 150^oC gacha soviydi. Venturi quvurlarida harakatlanadigan gaz tezligi qariyib 150 m/sek ni, qurilmaning gidravlik

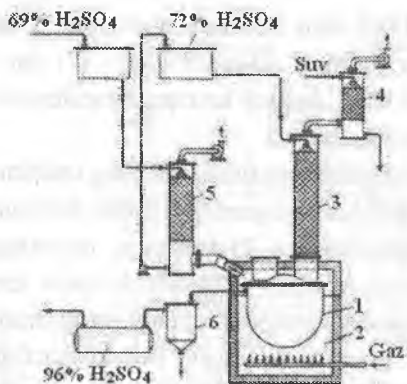
tezligi esa 1700-1750 mm suv ust. ni tashkil qiladi. Gazdagi sulfat kislota tumanining miqdori ikkinchi siklon (7) dan keyin (chiqishda) $4-5 \text{ g/m}^3$ ni tashkil etadi, bu uch kamerali kondensatoridagiga nisbatan taxminan ikki marta kamdir.

Keltirilgan konsentrlash qurilmasining muhim yutug'i shundaki, jarayon yuqori jadallikda borganligi sababli barbotajli konsentratorga nisbatan konsentrlanadigan kislotaning quvurdagi harorati past, kislotaning qaynoq gaz bilan to'qnashish vaqti kam bo'ladi. Bu esa sulfat kislotaning parchalanish darajasini pasaytiradi, hosil bo'ladigan tuman miqdorini, shuningdek, yoqilg'i va suv sarfini kamaytiradi.

Deflegmatsiya prinsipi bo'yicha ishlaydigan qurilma. Bunday qurilmalarda kislotani konsentrlash yopiq qozonda (retortada) H_2SO_4 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% H_2SO_4) sulfat kislota o'txona gazlari bilan qizdiriladigan kislotaga chidamli cho'yandan yasalgan retorta (1) ga quyiladi. Sulfat kislota bug'lari 9-10 ta tarelkadan iborat yoki to'ldirgichli minora ko'rinishidagi kislota taqsimlanadigan deflegmator (3) ga ko'tariladi. Har bir tarelkada pastda joylashgan tarelkalardan chiqadigan H_2SO_4 bug'larining bir qismi kondensatsiyalanadi. Oxirgi (yuqoridagi) tarelkadan faqat amalda suv bug'i chiqadi, bu tarelkaga esa 67-70% li kislota beriladi. Suv bug'i kondensator (4) ga keladi. U yerda bug' sovuq suv bilan aralashib kondensatsiyalanadi va suyuqlik kanalizatsiyaga oqiziladi.

Kondensatorida 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 sovitkich (6) ga tomib turadi, deflegmator (3) ga ta'minlash idishidan suyultirilgan kislota kelib turadi. Retorta (qozon) (1) dagi aralashtirgichning aylanib turishi uning devorlarida cho'kma hosil bo'lishining oldini oladi, shu sababli bunday konsentratordalarda ifloslangan kislotalarni ham konsentrlash mumkin.



6.6-rasm. Deflegmatsiya turidagi konsentrlash qurilmasi:

1 – retorta; 2 – o‘txona; 3 – deflegmator; 4 – kondensator; 5 – o‘txona gazlari issiqligidan foydalanish minorasi; 6 – kislotla sovitkichi

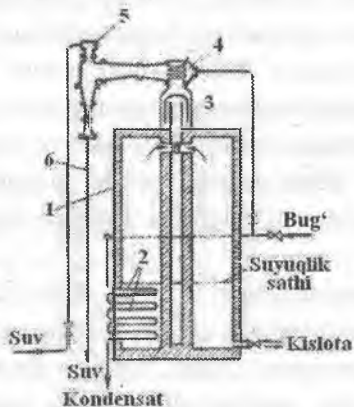
Deflegmatorli qurilmalarda kislotaning qaynoq gaz bilan to‘g‘ridan to‘g‘ri to‘qnashuvidagiga nisbatan yuqori konsentratsiyali (98% H_2SO_4 gacha) kislotla olinadi. Kislotaning yo‘qotilishi (barcha mahsulot kislotasining 1-2% qismi) kam, ammo kislotaning qaynoq gaz bilan to‘g‘ridan to‘g‘ri to‘qnashuvidagi qurilmalarga nisbatan yoqilg‘i sarfi ko‘p. 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 minoraga konsentrlash uchun yuboriladigan sulfat kislotla taqsimlanadi.

Vakuumda konsentrlash. Kislotla (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 kislotaning qaytarilishi anchagina kamayadi.

Davriy ishlaydigan vakuum-bug‘latgichli qurilma tasviri 6.7-rasmda ko‘rsatilgan. Unda suyultirilgan sulfat kislotla korpus (1) ga keladi, u yerda kremniyli po‘latdan yasalgan quvurlar (2) bo‘yicha

o‘tadigan bug‘ bilan qizdiriladi. Kislotadan ajralib chiqadigan bug‘lar tomchi ushlagich (3) orqali sovitkich (aralashtirish kondensatori)ga (5) 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 ushlagich (3) dan suv oqim-kanalli ejetor (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 ajratkich; 4 – ejetor; 5 – kondensator; 6 – barometrik quvur

Davriy ishlaydigan vakuum-bug‘latkichli qurilmaning har bir bosqichida 68% li sulfat kislotani bug‘latib 50 t 93% li sulfat kislotani olinadi. 50 t sulfat kislotani bug‘latish bitta bosqichining vaqti 12 soatni tashkil etadi.

Qizdirilgan bug‘ yordamida konsentrlash. Konsentratorga qaynoq o‘txona gazi o‘rniga 700⁰C haroratgacha qizdirilgan bug‘ ham berish mumkin. Kislotadan suvning bug‘lanishi natijasida konsentrlash jarayonida bug‘ miqdori ortadi. Konsentratoridan chiqadigan bug‘ qayta qizdiriladi va yana konsentratorga yuboriladi. Bug‘lanadigan suv miqdoriga muvofiq keladigan miqdordagi ortiqcha bug‘ konsentrator qurilmasidan chiqarib olinadi.

Minorali tizimlarda konsentrlangan sulfat kislotasi olish.

Minorali tizimlarda nisbatan yuqori bo'lmagan konsentratsiyali (75% H_2SO_4) kislotasi olinadi. Shuning uchun bu tizimlarda anchagina qiymatbaho hisoblangan mahsulot – yuqori konsentratsiyali sulfat kislotasi olish imkoniyati katta amaliy ahamiyatga ega. Minorali sulfat kislotani bug'latish uchun minorali tizimga keladigan quyidagi gazli issiqlikdan foydalanishda bunday imkoniyat paydo bo'ladi.

Konsentrlangan minorali sulfat kislotasi ishlab chiqarish yana shuning uchun ham muhimki, bunday kislotani kontaktli tizimga kiritish oleum ishlab chiqarishni 2 marta oshirishi mumkin. Minorali tizimlarda konsentrlangan kislotasi olish uchun birinchi denitratsiya minorasi uchun taqsimlashga beriladigan kislotasi miqdorini shunchalik kamaytiriladiki, natijada minoradagi kislotasi harorati $200^{\circ}C$ gacha ko'tariladi. Bunda denitratorning pastki qismida sulfat kislotaning jadallik bilan bug'lanishi sodir bo'ladi va uning konsentratsiyasi ortadi.

Tabiiyki, konsentrlangan kislotasi ishlab chiqarishda minorali tizim ish sharoiti qiyinlashadi, chunki birgina minoraning o'zida ham kislotaning denitratsiyasi, ham uning konsentrlanishi amalga oshiriladi. Xuddi shu vaqtda sulfat kislotasi konsentratsiyasi ortishi bilan uning denitratsiyalanish jarayoni tezligi keskin kamayadi, buning natijasida mahsulot minorasining ish hajmi ortadi. Bundan tashqari, birinchi minoraga taqsimlanadigan kislotasi miqdori kamaytirilganda va bu kislotaning harorati oshirilganda, birinchi minorada issiqlik almashinish jarayoni yomonlashadi. Shuning uchun minorali tizimlarda konsentrlangan kislotasi 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 kislotabardoshligi va termik chidamliligini ta'minlash hisoblanadi.

Minorali tizimlarda konsentrlangan kislotasi ishlab chiqarishda denitratsiya minorasi suyuqlikni taqsimlash zichligining yetarlicha yuqori bo'lishi eng muhim hisoblanadi, chunki bu minoraga taqsimlanadigan kislotasi miqdori odatdagi sxema bo'yicha tizim ishlagandagiga nisbatan anchagina kam bo'ladi. Suyuqlikni kichik

taqsimlash zichligi to'ldirgichlarni tez ifloslanishiga, uning gidravlik qarshiligining ortishiga, gazning kislota bilan to'qnashishining yomonlashishiga va kislotaldagi 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 SO₂ miqdori kam bo'lsa, minorali kislota konsentratsiyasi shunchalik katta bo'ladi. Sulfit 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^oC 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 elektrofiltr 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 kislotasi 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 kislotani 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 kislotani 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 CHIQRISHDAGI JARAYONLAR NAZORATI, AVTOMATIK BOSHQARISH TIZIMI VA HAYOTIY FAOLIYAT XAVFSIZLIGI

1-§. Ishlab chiqarish nazorati

Ishlab chiqarish nazoratining vazifasi oʻrnatilgan rejim buzilishini oʻz vaqtida aniqlash, ularni tezda toʻgʻrilash va jarayonning boshqa bosqichidagi meʼyorlar buzilishining oldini olishdan iborat.

Nazorat usullarini shartli ravishda: davriy (qoʻlda amalga oshiriladigan) va avtomatik nazorat turlariga boʻlish mumkin. Nazoratning davriy usuli kimyoviy tahlil yoʻllari orqali amalga oshiriladi. Dastlab xomashyo, yarim mahsulotlar, mahsulotlardan namunalar olinadi, soʻngra namunalarni kimyoviy qayta ishlanadi, tegishli hisoblashlar bajariladi va h.k. Shuning uchun koʻpchilik holatlarda kimyoviy tahlil natijalari namuna olingan vaqtdan bir necha soat keyin tayyor boʻladi. Bu paytda barcha uzluksiz jarayonlarda oʻrnatilgan maqbul (optimal) rejimga nisbatan texnologik rejim parametrlarining oʻzgarishini oʻz vaqtida aniqlash sulfat kislota olishda ham va uni konsentrlashda ham muhim ahamiyatga ega boʻladi.

Nazoratning avtomatik usullarida oʻlchashlar toʻxtovsiz amalga oshiriladi. Avtomatik nazorat uskunalari nafaqat koʻrsatadi, balki koʻrsatkichni qayd etib boradi, shuningdek, oʻlchanadigan parametrlarning belgilangan qiymatidan ogʻishi (chetlanishi) haqida signal uchun belgilangan impuls beradi. Bunda koʻrsatkich qayd etilishi uni oʻlchanadigan joydan bir qadar uzoq masofada – distansiyali ham amalga oshirilishi mumkin. Bu esa nazorat maskanidan turib jarayonni boshqarish imkonini beradi. Lekin koʻpgina koʻrsatkichlar boʻyicha oʻlchashning ishonchli avtomatik usullari boʻlmaganligi uchun sulfat kislota ishlab chiqarishda davriy, xususan, kimyoviy nazorat usullari hali ham koʻp 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, maxsus 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. 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 haroratlarni ($300-800^{\circ}\text{C}$) 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 birlashtirilgan («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 potensiometrlar 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. Oltingugurtni aniqlash uchun tortib olingan kolchedan 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.

Oltingugurtni aniqlashning *tezkor usulida* kolchedan namunasi maxsus pechda kuydiriladi, hosil bo'ladigan sulfit angidrid yuttirgich idishga keladi, u yerda vodorod peroksid bilan H_2SO_4 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 oltingugurtni aniqlashdagi kabi amalga oshiriladi. Namlik odatdagi usullar bilan aniqlanadi, namunaning massasi quritishdan oldin va keyin tortiladi.

Kislota tahlili. Kislotaning 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 kislotaning 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 tirtirish 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.

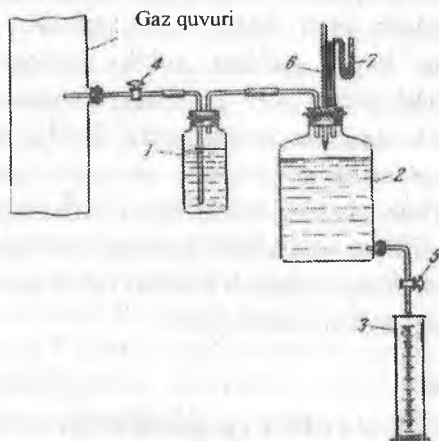
Kislotadagi N_2O_3 miqdori (nitrozalilik) - kaliy permanganat eritmasi bilan azot oksidlarini HNO_3 gacha oksidlash orqali titrlash yo'li bilan aniqlanadi. Titrlashga sarf bo'ladigan $KMnO_4$ eritmasining miqdori bo'yicha nitrozadagi azot oksidlari miqdori hisoblanadi.

Gazlar tahlili. Gazdagi chang miqdori (changlilik) tahlil qilinadigan gazning o'lchangan 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 changlilik 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 SO₂ yodometrik usul bilan sulfit anhidridni oksidlash uchun sarflanadigan yod miqdori bo'yiicha aniqlanadi.

Kislotali suv va kraxmalli yuttirish sklyankasiga o'lchangan miqdordagi yodning tirlangan eritmasi quyiladi (yod ishtirokida kraxmal ko'karadi) va undan tahlil qilinadigan gaz eritma rangsizlanguncha o'tkaziladi. Olingan yod miqdori va o'tkazilgan gaz hajmi sulfit anhidrid konsentratsiyasi hisoblanadi (7.1-rasm).



7.1-rasm. Gazdagi sulfit anhidrid konsentratsiyasini aniqlash uchun qurilma tasviri:

1 – yod eritmasi bo'lgan yuttirish sklyankasi; 2 – aspirator; 3 – o'lchov silindri;
4,5 – jo'mraklar; 6 – termometr; 7 – manometr

Gazdagi sulfit anhidrid konsentratsiyasini avtomatik aniqlash uchun ishlatiladigan qurilmaning ishlash prinsipi uning issiqlik o'tkazuvchanligini aniqlashga asoslangan. SO₂ konsentratsiyasi o'zgarishi bilan sulfitli gaz issiqlik o'tkazuvchanligi ham o'zgaradi va shunga muvofiq ravishda gazoanalizator platina simining ham qarshiligi o'zgaradi.

Avtomatik kimyoviy gazoanalizatorlar ham mavjud bo'lib, ularda gaz namunasi SO₂ ni yutadigan moddalar bilan qayta ishlanadi. Gaz hajmining kamayishidan sulfit anhidrid konsentratsiyasi aniqlanadi.

Gazdagi SO₂ va azot oksidlari miqdori, ular birgalikda bo'lganda, aniqlash uchun vodorod peroksid bilan H₂SO₄ va HNO₃

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 mg/m³ H_2SO_4 bugʻlari (tumani)ga tengdir. Tumanomerning ishlash prinsipi gazning changliligi 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 chiqarishning sifat va texnik-iqtisodiy koʻrsatkichlari, asosan, texnologik rejimni aniq ushlab turilishiga bogʻliqdir. Uning buzilishi unumdorlikning pasayishiga va mahsulot sifatining yomonlashishiga olib keladi. Shuning uchun nazoratning avtomatik usullarini kiritish va jarayonni boshqarish, yaʼni ishlab chiqarishni avtomatlashtirish xalq xoʻjaligida 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 koʻp miqdordagi zararli mahsulotlar (gazlar, bugʻlar, chang v.b.) ajralib chiqishi mumkin.

Sulfat kislota ishlab chiqarish uzluksiz jarayon hisoblanadi, unda texnologik sxemadagi barcha asosiy jihozlar birin-ketin bogʻlangan. Bitta jihozdagi jarayon buzilsa, keyingi jihozlardagi ish rejimi ham buziladi. Masalan, kontaktlanishga keladigan gazdagi sulfit anhidrid

konsentratsiyasining pasayishi natijasida kontakt jihozlaridagi harorat pasayadi va kontaktlanish darajasi kamayadi. Me'yoridagi ish tartibini tiklash va SO₂ kontaktlanishini talab etilgan me'yorgacha ko'tarish uchun gaz oqimini tegishli jo'mraklar bilan sozlashga to'g'ri keladi. Bunda absorbsiya bo'linmasida yutiladigan SO₃ 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 boshqarishsiz 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 sharoitining yaxshilanishini, xomashyo, elektroenergiya, suv va boshqalar sarfining kamayishini, jarayon jadalligining ortishini belgilab beradi, modomiki 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 korxonasining to'la avtomatlashtirishi – tez-tez ta'mirlash talab etiladigan va xizmat ko'rsatish qiyin bo'lgan jihozlar (kislota sovitchiklari, 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 sulfid anhidridga ishlaydigan kontaktli tizimni avtomatlashtirish, ayniqsa, samaradordir. Bunda ishlab chiqarishning texnologik tizimi

birmuncha soddalashadi, chunki undan tozalash bo'linmasi olib tashlanadi, sulfit ангидрид 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 ангидрид 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 lozim.

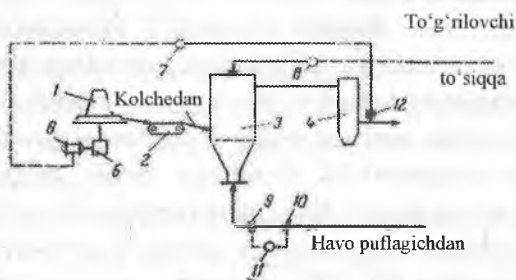
Olinadigan gazning o'zgarmas hajmini ushlab turish nisbatan osondir; buning uchun xomashyo yoqiladigan pechga bir xil miqdordagi havo beriladi. Gazdagi sulfit ангидрид konsentratsiyasini bir xilda ushlab turish ancha mushkuldir, chunki SO_2 miqdori nafaqat pechga beriladigan xomashyo miqdoriga, balki boshqa ko'pgina omillar: xomashyoning maydalanish darajasi, undagi oltingugurt, namlik va boshqa qo'shimchalar miqdori, kuydirish sharoiti va boshqalarga ham bog'liq.

Sulfitli gazdagi SO_2 konsentratsiyasini avtomatik boshqarilishiga shunday erishiladiki, bunda sulfit ангидрид 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 sulfit ангидрид 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, vaholanki uning

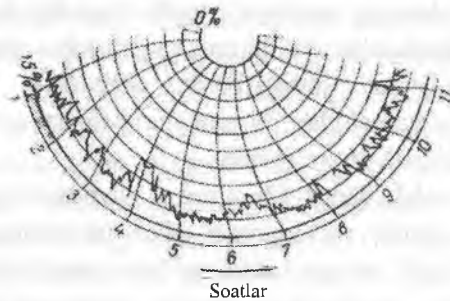
harorati nafaqat SO_2 miqdoriga, balki pechga kiradigan havo haroratiga, kolchedanning namligiga va boshqalarga ham bog'liqdir. Bundan tashqari, pech ichki niqobining va gaz o'tkazgichlarning qizib ketishi hisobiga gaz haroratining o'zgarishi undagi SO_2 konsentratsiyasi o'zgarishidan birmuncha orqada qoladi, bu ham boshqarish aniqligiga ta'sir ko'rsatadi.

7.2-rasmda kolchedanga ishlaydigan qaynovchi qatlam pechini avtomatlashtirish tizimi tasvirlangan. Gaz hajmining doimiyligiga quyidagicha erishiladi. Pechga keladigan havo miqdorini o'lchaydigan diafragma (9) dan beriladigan impuls boshqargich (11) orqali kiradigan havo miqdorini boshqaradigan gaz to'sgich (10) ga ta'sir ko'rsatadi. Kuyundi gazidagi SO_2 konsentratsiyasining bir xilligi shunday ta'minlanadiki, bunda qozon-yuttirgich (4) dan keyin o'rnatilgan gazoanalizator (12) dan 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, to'sgich) 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).



7.2-rasm. Qaynovchi qatlamli kuydirish pechini avtomatik boshqarish tizimining tasviri:

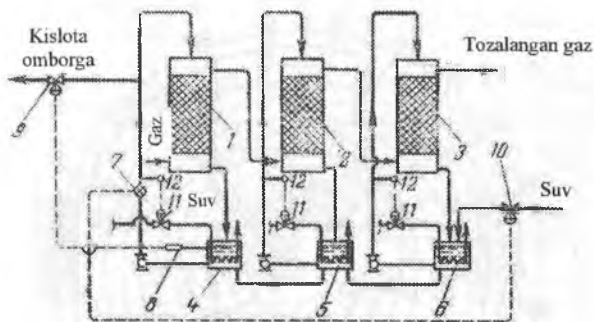
- 1 – tarelkali ta'minlagich; 2 – oraliq transportyor; 3 – pech; 4 – qozon-yuttirgich;
 5 – reduktor; 6 – ta'minlagichni aylantirish manbasi; 7, 8, 11 – boshqargichlar; 9 – diafragma;
 10 – boshqariladigan to'sgich; 12 – SO_2 gazoanalizatori



7.3-rasm. Avtomatik gazoanalizator vositasi bilan pechga beriladigan xomashyoning boshqarilishida kuyundi gazidagi SO₂ 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‘liq ravishda 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 H₂SO₄ 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 (chiqarma o‘lchash o‘zgartirgichi) (7) namlash minorasidagi yig‘gichga beriladigan suv miqdorini o‘zgartiruvchi klapan (10) ga ta’sir ko‘rsatadi. Birinchi yuvish minorasidagi yig‘gich (4) dan ortiqcha kislota omborga chiqarib yuboriladi. Chiqarib yuboriladigan kislota miqdori daraja to‘g‘rilagich (8) ni klapan (9) ga ta’sir etishi yo‘li bilan boshqariladi.



7.4-rasm. Yuvish bo‘linmasini avtomatlashtirish tizimi tasviri:

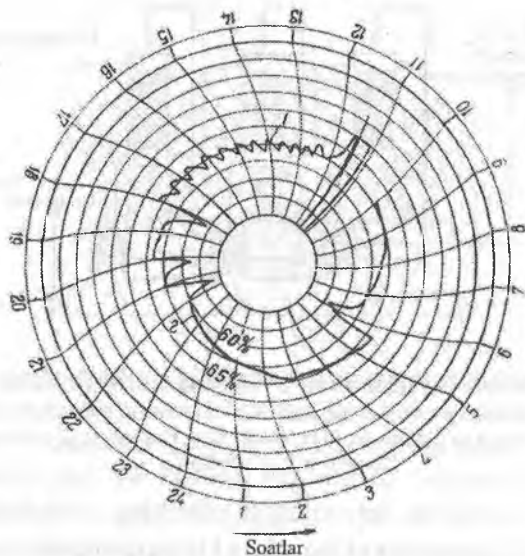
1, 2 – yuvish minoralari; 2 – namlash minorasi; 4-6 – kislota yig‘gichlari; 7 – konsentratsiya to‘g‘rilagichi; 8 – daraja to‘g‘rilagichi; 9-11 – to‘g‘rilash klapanlari; 12 – termoparalar bilan harorat to‘g‘rilagichlari

Harorat rejimining bir xilligiga shunday erishiladiki, bunda termoparalar (12) impulslari klapanlar (11) ga uzatiladi, u shunga mos holda kislota sovutkichlariga yuboriladigan suv miqdorini o‘zgartiradi.

Boshqarish tizimi soddaroq, uning kamchiligi katta inersiyalilikka egaligidir. Lekin ushbu holatda bu katta ahamiyatga ega emas, chunki birinchi yuvish minorasidagi kislota konsentratsiyasining me‘yoridan yo‘l qo‘yilishi mumkin bo‘lgan og‘ishi 2-3% ni tashkil etadi, ortgan inersiyaning ta‘siri bu chegaradan chiqmaydi.

Namlash minorasi bo‘lmagan taqdirda suv ikkinchi yuvish minorasidagi yig‘gich (5) ga qo‘shiladi; bunda tizim inersiyaliligi kamayadi va boshqarish aniqligi ortadi. Bunday boshqarish tizimidagi birinchi yuvish minorasi kislota 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 yuttiriladigan barcha suv absorbsiya bo‘linmasiga keladi, u yerda sulfat angidrid bilan bog‘lanib, H_2SO_4 ga aylanadi.



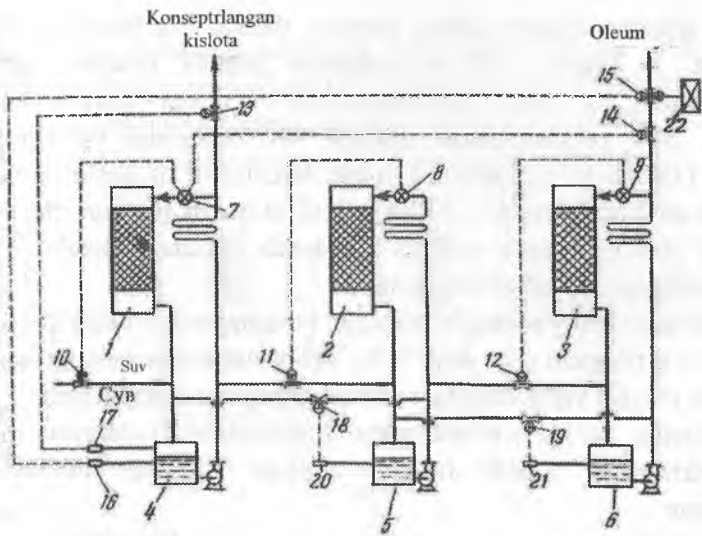
7.5-rasm. Namlash minorasi bo‘limganda birinchi yuvish minorasi kislota konsratsiyasining kartogrammasi:

1 – avtomatik boshqarish; 2 – qo‘lda boshqarish

Kontaktli zavodning asosiy mahsuloti oleum hisoblanadi, shuning uchun, agar gaz bilan standart oleumga aylanishi uchun talab etiladigan miqdordan 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 kislotaning talab etiladigan konsratsiyasini avtomatik ushlab turilishini, shuningdek, omborga mahsulotni avtomatik uzatilishini ta‘minlaydigan quritish-absorbsiya bo‘linmasini avtomatik boshqarish tizimi tasvirlangan.

Oleumning belgilangan konsratsiyasi oleum yig‘gichi (6) ga tushadigan monogidrat miqdorini o‘zgartiruvchi klapan (12) ga to‘g‘rilagich (9) ning ta‘sir etishi yo‘li bilan ushlab turiladi. Monogidrat va quritish kislotasining konsratsiyasi ham xuddi shunday boshqariladi – to‘g‘rilagich (7) va (8) lar klapan (10) va (11) larga ta‘sir etadi.



7.6-rasm. Quritish-absorbsiya bo‘linmasining avtomatlashtirish tizimi tasviri:

1 - quritish minorasi; 2 - monogidratli absorber; 3 - oleumli absorber; 4-6 - kislota 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 klapan (15) ga ta’sir etadi.

Oleumli absorber (3) da 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‘rilagichi (21) ning klapan (19) ga ta’sir etishi natijasida ortiqcha oleumning yig‘gich (6) dan yig‘gich (5) ga 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) klapan (14) ni berkitishga impuls uzatadi, bunda yig‘gich (6) dagi kislota darajasi

Sulfit anhidrid oksidlanish jarayoni nazariyasiga asoslanib, hisoblash texnikasi yordamida kontakt jihozining maqbul (optimal) harorat rejimini aniqlash qo'llanmasi keltirilgan. Adiabatik (oralik 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'zgarandagi gaz haroratining ortish koeffitsiyenti; x_o va x – kontakt massa qatlamiga kirishdagi va undan chiqishdagi kontaktlanish darajasi.

Vanadiyli katalizatorida SO_2 ni SO_3 ga oksidlanish reaksiyasi kinetikasini ifodalaydigan kontaktlanish darajasi o'zgarishining tezligi:

$$\frac{dx}{d\tau} = \frac{k_c}{a} \left(\frac{x_p - x}{x} \right)^{0,8} \cdot \left(b - \frac{ax}{2} \right) \frac{273}{T} \quad (7.2)$$

tenglamadan topiladi, kontakt massa faolligi pasayganda faollanish energiyasi E amalda o'zgar olmaydi.

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 koeffitsiyentining kamayishi keltirib chiqaradi. k_o ni aniqlash reaksiya tezlik konstantasi va jarayonning maqbul (optimal) sharoitini o'rnatish uchun zarurdir.

(7.3) tenglamadagi k_c qiymatini (7.1) tenglamaga qo'yib, tenglama yechiladi:

$$k_o = \frac{2}{273\tau} \int_{x_o}^x e^{\frac{E}{RT}} \left(\frac{x}{x_p - x} \right)^{0,8} \cdot \frac{T}{2b - ax} dx \quad (7.4)$$

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'zgarimas bosim va gazning berilgan tarkibida muvozanatdagi kontaktlanish darajasi faqat haroratga bog'liq:

$$x_p = f(T), \quad (7.5)$$

(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_o 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:

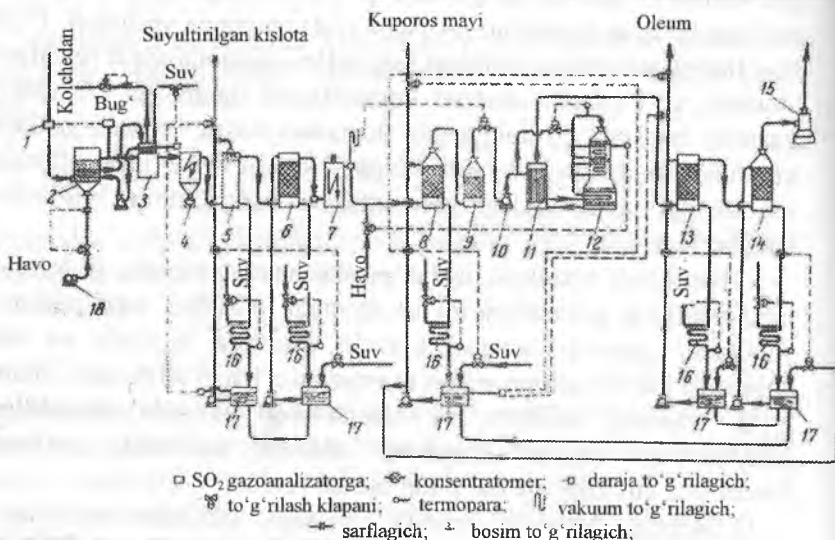
- 1) Gazning harorati kontakt massaga kirishda va chiqishda aniqlanadi, (7.4) tenglama bo'yicha k_o koeffitsiyenti hisoblanadi.
- 2) Olingan k_o qiymati asosida gazning maqbul (optimal) harorati T_o aniqlanadi, buning uchun $x = f(T)$ bog'liqligi maksimumda o'rganiladi.
- 3) Hisoblash natijalari – maqbul (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 $\Delta T = T - T_o$ 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.



7.9-rasm. Qaynovchi qatlamda kolchedan kuydirilishidan kontaktli sulfat kislota ishlab chiqarishni kompleks avtomatlashtirish tizimi tasviri:

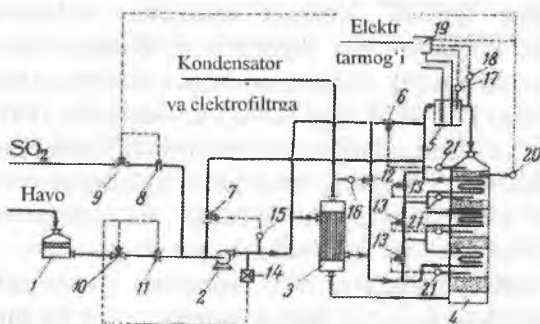
1 – kolchedan me'yorlashtirgichi; 2 – qaynovchi qatlamli kuydirish pechi; 3 – bug'li qozon-yuttirgich; 4 – quruq elektrofiltr; 5, 6 – yuvish minoralari; 7 – nam elektrofiltr; 8 – quritish minorasi; 9, 15 – tomchi ushlagich; 16 – suyuqlikni taqsimlash sovitkichlari; 17 – kislota yig'gichlari; 18 – havo purkagich ventilyatori

Avtomatik boshqaruv sexlarining barpo etilishi. Konsentrlangan sulfat anhidrid, vodorod sulfid va tabiiy oltingugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarish soddaroq, 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 avtomatlashtirilgan avtomatik boshqaruv sexlari «berk tizimda», ya'ni xizmat ko'rsatadigan shaxslar bevosita ishtirok etmagani holda ishlashi mumkin.

Avtomatik boshqaruv sexlari barpo etishda kompleks avtomatlashtirish sexlarida ko'zda tutilgan avtomatik nazorat va boshqarish qurilmalariga qo'shimcha ravishda sexni avtomatik ishga tushirish, texnologik rejim va jihozlar ishida buzilishlar bo'lgan holda barcha jihoz va tarmoqlar ish rejimidan chiqish va ishlab chiqarishni to'la batamom to'xtatish uchun qurilmalar ham bo'lishi kerak.

Konsentrlangan sulfat angidridga ishlaydigan avtomatik boshqaruv sexi tizimi 7.10-rasmda keltirilgan.



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 - termporalar; 19 - boshqarish qurilmasi

Konsentrlangan SO_2 dan sulfat kislotaga ishlab chiqarish jarayoni faqat ikki bosqich – kontaklanish va absorbsiyadan iborat. Barcha mahsulot konsentrlangan sulfat kislotaga tarzida ishlab chiqarilganda, uni ishlab chiqarish texnologik tizimi quyidagilardan iborat bo'ladi. Filtr (1) da changdan tozalangan havo konsentrlangan sulfat angidrid bilan aralashadi, so'ngra havo purkagich (2) bilan issiqlik almashtirgich (3) ning quvurlararo bo'shlig'iga yuboriladi, u yerda

aralashma kontakt gazi bilan qiziydi. Tizimga keladigan havo quritilmaydi, shuning uchun kontakt jihozidan chiqadigan gazlarda SO_2 dan tashqari suv bug'i ham bo'ladi. Issiqlik almashtirgich (3) quvurlarida sulfat kislota kondensatsiyalanishining oldini olish uchun gazga gaz purkagich (2) ga kirishda qaynoq gazning aralashma harorati sulfat kislota shudringlari nuqtasidan yuqori bo'ladigan miqdori qo'shiladi. Gazlar aralashmasining harorati klapan (7) bilan boshqariladi, unga gaz purkagich (2) dan keyin gaz haroratini o'Ichaydigan termopara (15) dan keladigan impuls ta'sir etadi.

Gazdagi SO_2 konsentratsiyasining bir xilligiga tizimga keladigan havo miqdorini boshqaruvchi klapan (10) ga gazoanalizator (14) ning ta'sir etishi yo'li bilan erishiladi. Kontakt massa birinchi qatlamiga kirishda gaz haroratining bir xilligi klapan (6) ga termopara (21) dan keladigan impuls ta'sir etishi va issiqlik almashtirgich (3) dan o'tib kontakt jihoziga keladigan baypasli sovuq gaz miqdorini o'zgartirish orqali ushlab turiladi. Kontakt massaning ikkinchi va keyingi qatlamlariga kiradigan gaz haroratining boshqarilishi ham kontakt jihozining ichki issiqlik almashtirgichiga keladigan gazning miqdorini o'zgartiradigan klapan (13) ga boshqa termoparalar (21) dan keladigan impuls 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 kontaktni yoki «ishga tushirish» tugmachasini bosish orqali yoxud 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 rotori 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 almashtirgich (3) ga, so'ngra elektrik qizdirgich (5) ga havo haydaydi.

Elektrik qizdirgich ish rejimi termoparalar (17) va (18) ko'rsatkichlari bo'yicha zanjirdagi tok kattaligi orqali boshqariladi. Termoparalardan birinchisi spirallardagi haroratni o'Ichaydi, u belgilangan chegaradagi qiymatdan oshmasligi kerak. Ikkinchi

termopara qizdirgich (5) dan 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) klapanlar (13) ga ta'sir etadi, buning oqibatida gaz kontakt massaning har bir qatlamiga kirishida maqbul (optimal) haroratga ega bo'ladi.

Sulfat kislota kondensatsiyalanish jarayonining harorat rejimi kislotani sovitishga beriladigan suv miqdorini boshqaruvchi klapanlarga ta'sir etadigan qarshilik termometrlarining impulslari bo'yicha boshqariladi.

Avtomatik boshqaruv sexlarini to'xtatish kontakt yoki «to'xtatish» tugmachasini bosish yoxud SO_2 yetishmaganda ishlaydigan bajaruvchi mexanizm orqali, yohud alohida tarmoq va jihozlar ishida buzilganlik va buzilish haqida signal beruvchi avariya qurilmalari yordamida amalga oshiriladi. Impuls olgan bajaruvchi mexanizm klapan (6) ni 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 klapan (7) ni 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.

SO₂ ni suyultirishda havo o'rniga kislorod ishlatilganda avtomatlashtirish tizimi birmuncha o'zgaradi, uning jihozlanishi kislorodni me'yorlashtirish usuliga va kontakt jihozi harorat rejimining boshqarilishiga bog'liq.

Vodorod sulfid va tabiiy oltingugurt xomashyolari hisobiga ishlashda yuqorida keltirilgan texnologik sxema va avtomatlashtirish tizimi sulfit anhidrid 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'zgaraydi.

3-§. Sulfat kislota ishlab chiqarishda hayotiy faoliyat xavfsizligi

Odatdagi, avtomatlashtirilmagan sxema bo'yicha sulfat kislota ishlab chiqarishda sulfit anhidrid, 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.

Sulfit anhidrid bilan ishlash. Sulfit anhidrid terimi, burun, ko'z va yuqori nafas olish organlari shilliq pardalarini yallig'lanishiga olib kelishi mumkin. Havo tarkibida 0,06 mg/l SO₂ 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 hattoki hushdan ketish mumkin. Ishlab chiqarish binolari ish joylarida havodagi sulfit anhidridning yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan konsentratsiya chegarasi 10 mg/m³ dan oshmasligi kerak.

Sulfit anhidridning avariya ajralib chiqishida zaharlanishning 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, sulfat kislotasi mayda tomchilaridan iborat tuman hosil qiladi. Havoda sulfat kislotasi tumanning bo'lishi nafas olishni qiyinlashtiradi, lekin uning ozi miqdordagi dozasi nafas olish shilliq pardalarini yallig'lantirmaydi. Ishlab chiqarish binolar ish joylaridagi sulfat angidrid va sulfat kislotaning yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan konsentratsiya chegarasi 1 mg/m^3 dan oshmaydi.

Tumansimon sulfat kislotasi bilan zaharlanganda, tomoqni soda eritmasi bilan chayish va ehtiyotlik bilan (shifokor nazoratida) spirt, etir yoki xloroform bug'i bilan nafas olish kerak.

Saxlarda sulfit va sulfat angidridlar chiqishini oldini olishning asosiy choralari gaz o'tkazgich quvurlar va jihozlarning germetikligini ta'minlash. Jihozlar va kommunikatsiyalar holatini sinchiklab nazorat qilib borish hamda o'z vaqtida ta'mirlash orqali kontakt sexidagi gazlarning atmosferaga chiqib ketishi 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'llarining 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 sulfit angidrididagi zaharlanish singari, jabrlanuvchini zudlik bilan ochiq havoga olib chiqish, unga kislorod berish yoki sun'iy nafas oldirish va shifokor chaqirish kerak.

Sulfat kislotasi bilan ishlash. Konsentrlangan sulfat kislotasi 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 xavflidir.

Teriga tushgan sulfat kislotasi 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 kerak. Kislota quvurlari, armaturalar, nasoslarni ta'mirlashda va salniklar o'rnatishda rezinali tutgich (fartuk) va qo'lqoplarda ishlash, yig'gichlar va sovitkichlarni ta'mirlashda esa rezina etik ham kiyish lozim.

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, talvasa yuz berishi va hushdan ketish kuzatiladi; nafas olish markazining falaj bo'lishi natijasida o'limga 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 xavfsizligi qoidalariga alohida e'tibor berilishi kerak.

Kontakt sexining pech bo'linmasida, sulfitli gaz bilan zaharlanishdan tashqari, mexanizmlarni ishlatishdagi ehtiyotsizlik tufayli kuyish va jarohat olish mumkin. Pechlarga xizmat ko'rsatish jarayonida maxsus to'siq qilinmagan pechga suyanish man etiladi.

«Kuzatish oynasi» orqali xomashyoning 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

tinim, uning organizmi shunchalik kuchli shikastlanadi. Shikastlanish qo'lib 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 shikastlanishning oldini olish uchun sulfat kislota ishlab chiqarishda ishlaydigan har bir xodim xavfsizlik texnikasi qoidalarini bilishi va unga qat'iy rioya etishi lozim, xususan, tok bo'lgan ochiq simlarni himoyalangan 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 (shimali 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, 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 alohida yong'in xavfli moddalar ishlatilmaydi, shuning uchun sulfat kislota sexlarida odatdagi yong'inga qarshi qoidalar tartibiga rioya etilishi kerak.

Mehnat xavfsizligi qoidalari. Sulfat kislota sexlarida tibbiyot ko'rigidan o'tgan va ushbu ishlab chiqarish uchun o'rnatilgan texnik minimumlarni topshirgan shaxslarigina ishlashiga ruxsat etiladi. Texnika xavfsizligi bo'yicha yo'riqnoma har bir ish o'rni 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 kislotaga quvurlarining flanelari (birlashtirgichlari)ga himoya g'illoflari o'rnatilishi kerak.

Jihozlarni sovuqda ta'mirlash, shuningdek, bosim ostidagi kislotaga, havo va gaz jihozlarini ta'mirlash taqiqlanadi. Jihoz va quvurlarni ta'mirlashdan oldin ular, albatta, yuvilishi, quritilishi kerak, kislotaga qoldiqlari ohak bilan neytrallanishi lozim.

Namunalar olishda va kislotalarni quyishda himoya ko'zoynaklari taqib olinishi va rezina qo'lqop kiyilishi kerak. Kislotani suv bilan suyultirishda suvga kislotaga (*aksincha emas!*) quyiladi. To'kilib ketgan kislotaga yuvib tashlanadi, kislotaga to'kilgan joy ohak bilan neytrallanadi.

Kislotaga 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.

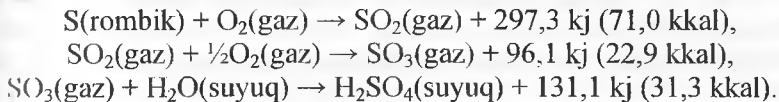
Sulfat kislotaga sexlaridagi barcha xizmatchilar o'z-o'ziga va bir-biriga birinchi tibbiy yordami ko'rsatish uchun o'qitilgan bo'lishi kerak.

4-§. Sulfat kislotaga ishlab chiqarishda kimyoviy energiyadan foydalanish

Sulfat kislotaga ishlab chiqarish asosidagi barcha reaksiyalar issiqlik ajralib chiqishi bilan sodir bo'ladi. Bu issiqlikdan foydalanish

nafaqat ishlab chiqarishning o'ziga bog'liq barcha energetik sarfni 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 anhidrid
	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 kislotaning 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 kislotada 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:

$$Q_n = Q_1 + Q_2$$

bu yerda: Q_1 – sulfat kislotada 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.

$$Q_2 = Vc\Delta t_1 + Vc\Delta t_2 = Vc(\Delta t_1 + \Delta t_2)$$

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 kislotada ishlab chiqarishda issiqlikdan foydalanishning nazariy mumkin bo‘lgan darajasi:

$$\alpha = \frac{5,35 - 2,37}{5,35} \cdot 100 = 55,7\%$$

ya‘ni olinadigan bug‘ miqdori taxminan 1 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 kislotada ishlab chiqarishda ajralib chiqadigan issiqlik miqdori anchagina katta miqdorda bo‘ladi, lekin undan foydalanish darajasi oltingugurtdan sulfat kislotada 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

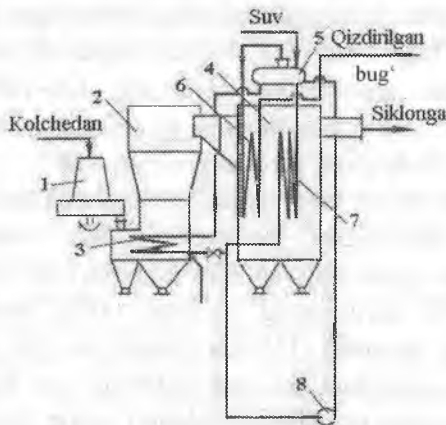
umumiy issiqlikning (7.12-rasm) taxminan 50% miqdori ishlatiladi, undan energetik bug' olinadi:

$$P = \frac{6,82 \cdot 0,5}{3,33} = 1,0 \text{ t/t}$$

Alohida holatlarda absorbsiya bo'linmasida issiq suv tarzida ajratib olinadigan issiqlikdan qisman binolarni isitishda, shuningdek, maishiy va sanoat ishlab chiqarish maqsadlari uchun ishlatiladi.

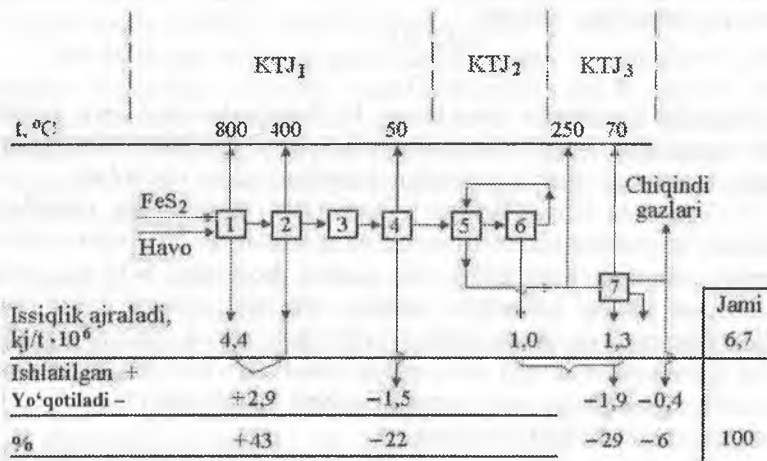
7.13-rasmda Lurgi firmasi (Germaniya) tomonidan yaratilgan qo'shaloq kontaktlanish usulida oltingugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarish sxemasi keltirilgan. Bu sxema bo'yicha SO₃ ni oraliq absorbsiyasi yuqori haroratda amalga oshirilishi orqali issiqlikdan foydalanishning yuqori darajasiga erishiladi; quruq chiqindi gazlari (oxirgi absorberdan so'ng) issiqligidan absorbsiya bo'linmasi kislotasi bilan oldindan isitilgan quyi konsentratsiyali ishlatilgan chiqindi sulfat kislotani konsentrlashda foydalaniladi.

Oraliq absorber (12) (7.13-rasm) to'ldirgichli skrubber minorasi bilan birlashtirilgan venturi quvuri ko'rinishida bo'ladi. Taqsimlanadigan kislota venturi quvurining quyiladigan joyida hamda venturi quvuri bilan skrubber minorasi birlashtiriladigan gaz o'tish joyida sahratiladi. Bunda kislota 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 - sovitish elementlari;
- 4 - qozon-utilizator; 5 - baraban-separator; 6 - bug'li qizdirgich; 7 - sovitish elementlari;
- 8 - sirkulyatsiya nasosi



7.12-rasm. Flotatsiyali kolchedandan sulfat kislota ishlab chiqarishda reaksiya issiqligidan foydalanish:

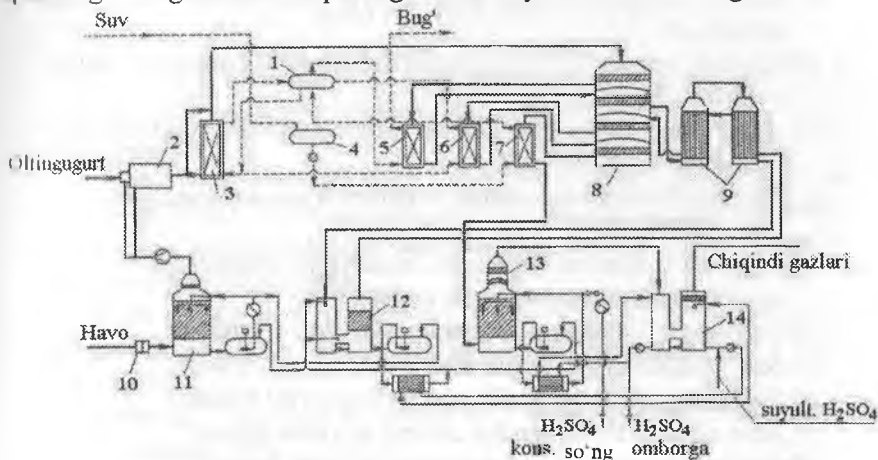
- 1 - flotatsiyali kolchedanni kuydirish va kuyundi gazi olish; 2 - qozon-utilizatorlarda gazni sovitish; 3 - gazni changdan tozalash; 4 - gazni yuvish va quritish; 5 - gazni qizdirish; 6 - katalizatorlarda SO₂ ni SO₃ ga oksidlash; 7 - sulfat kislota hosil qilish bilan SO₃ ni absorbsiyalash (KTJ₁ - SO₂ olish; KTJ₂ - SO₂ ni SO₃ ga oksidlash; KTJ₃ - H₂SO₄ olish)

Oraliq absorber uchun taqsimlashga beriladigan kislota harorati 80°C atrofida bo'ladi, ammo uni shunday miqdorda beriladiki, bunda gazning haroratini absorberdan chiqishda 120-140°C darajasida ushlab turiladi. Shunday texnologik tartib sababli issiqlik almashtirgichlar (9) da gazni qizdirish osonlashadi.

Konsentrlash uchun beriladigan ishlatilgan chiqindi sulfat kislota absorberlardan chiqadigan kislotani sovishi hisobiga issiqlik almashtirgichlarda qizdiriladi, so'ngra konsentrlash uchun jihoz (14) ga yuboriladi, bu qurilmaning tuzilishi oraliq absorber (12) ga o'xshaydi. Oxirgi absorber (13) dan chiqadigan gaz jihoz (14) ning ventur 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 almashtirigich o'rtasida suv va bug'ning sirkulyatsiyasi hisobiga mahsulot sifatida qizdirilgan bug' ishlab chiqaradigan shunday sxema ko'rsatilgan.



7.13-rasm. Ishlatilgan chiqindi sulfat kislota konsentrlash uchun issiqlikdan foydalanish yo'li bilan sulfat kislota ishlab chiqarish sxemasi:

1 - bug' barabani; 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 almashtirigichi; 10 - havo filtri; 11 - quritish minorasi; 12 - oraliq absorber; 13 - oxirgi absorber; 14 - konsentrlash tarmog'i

Nazorat uchun savollar

1. *Ishlab chiqarishdagi nazoratlar qanday tashkil etiladi?*
2. *Harorat qanday asboblarda yordamida o'lchanadi? Ularning ishlash prinsipini tushuntiring.*
3. *Bosim va vakuum qanday asboblarda yordamida o'lchanadi? Ularning ishlash prinsipini tushuntiring.*
4. *Sarflanadigan materiallar qanday asboblarda yordamida o'lchanadi? Ularning ishlash prinsipini tushuntiring.*
5. *Kolchedan va kuyundi analizi qanday amalga oshiriladi?*
6. *Kislota analizi qanday amalga oshiriladi?*
7. *Gazlar tarkibidagi qanday komponentlar aniqlanadi? Ularni aniqlash usullarini ayting.*

16. US Patent 2004/0234441 A1. Chemical and thermal decomposition of ammonium sulphate into ammonia and sulfuric acid // Tord Oeystein Hansen (Hvalstad, NO). Nov. 25. 2004.
17. US Patent 007632479 B2. Process for producing ammonia and sulfuric acid from stream comprising ammonium sulfate // Meredith Curren, Brian Foody, Jeff Tolan (Ottawa, CA). Dec. 15. 2009.
18. US Patent 2009/0321272 A1. Sulfuric acid electrolysis process // Masaaki Kato, Yusuke Ogawa, Hiroki Domon (Tamano-shi, JP), Naoya Hayamizi, Makiko Tange (Minato-ku, JP), Yoshiaki Kurokawa, Nobuo Kobayashi (Yokohama-shi, JP). Dec. 31. 2009.
19. US Patent 2010/0254889 A1. Method for producing sulfuric acid // Thomas Bogenstatter (Bad Durkheim, DE), Jorn Torsten Nickel (Karlsruhe, DE). Okt. 7. 2010.
20. US Patent 008052953 B2. Method for recovering sulfuric acid from concentrated acid hydrolysate of plant cellulose material // Peihao Chen. Nov. 8. 2011.
21. US Patent 008303925 B2. Manufacture method of ultra-pure sulfuric acid // Jiarong Zhan, Curtis Dove, I-Hsing (Shanghai, CN). Nov. 6. 2012.
22. US Patent 008815202 B2. Process for producing sulfuric acid with low levels of nitrogen oxides // Hasan Dindi (Wilmington, US), Donald James Loftus (Lincoln University, US). Aug. 26. 2014.
23. US Patent 008906133 B2. Process and plant for cooling sulfuric acid // Karl-Heinz Daum (Mainz, DE), Wolfram Schalk (Hagen, DE). Dec. 9. 2014.
24. [http:// bases.rosinf.ru /](http://bases.rosinf.ru/) Информационный листок №51-077-03/ Разработка нового способа получения серной кислоты (Патент РФ 2181391). 2005.
25. [http:// www.edu.yar.ru /](http://www.edu.yar.ru/) russian / pedbank / sor_uch / Chem / Семенова Н.И. Ролевая игра на уроке химии на тему «Производство серной кислоты». 2010.
26. www.akpr.ru/ Мировой рынок серной кислоты. Академия конъюнктуры промышленных рынков. 2015. 5 с.

Sulfat kislotasi ishlab chiqarish nazariyasi va texnologik hisoblari fani
bo'yicha ayrim atamalar izohli lug'ati
(GLOSSARIY)

Aglomeratsiya gazlari – qora metallurgiyaning yirik korxonalarida temir rudasi domna pechiga berilishdan oldin maxsus fabrikalarda aglomeratsiyalash (ruda shixtalarining metallurgik xossalari yaxshilash uchun havo purkash orqali ularni yiriklashtirishning termik usulini amalga oshirish) paytida ruda tarkibidagi oltingugurt oksidlanib, sulfit anhidridga aylanishidan hosil qilinadigan gazlar aralashmasi.

Alunitlar – sulfat kislotasi 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 kislotasi ishlab chiqarish uchun ishlatiladi. Qattiq chiqindilar – glinozom (Al_2O_3) alyuminiy ishlab chiqarishga yuboriladi, kaliy sulfatdan esa o'g'it sifatida foydalaniladi.

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.

Davriy (qo'lda amalga oshiriladigan) nazorat – kimyoviy tahlil yo'llari orqali amalga oshiriladigan nazorat bo'lib, dastlab xomashyo, yarim mahsulotlar, mahsulotlardan namunalar olinadi, so'ngra namunalarni kimyoviy qayta ishlanadi, tegishli hisoblashlar bajariladi va h.k. 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.

Elektrofiltrlar – gazlarni changdan elektrik tozalash jihozlari bo'lib, cho'ktiruvchi elektrodleri quvur shaklida bo'lgan quvurli elektrofiltrlar va plastinkali elektrofiltrlar ishlatiladi.

Elementar oltingugurt yoki oltingugurt bug'i (S_8 , S_6 , S_2 va S) – tabiiy rudalardan, shuningdek, sulfit anhidrid yoki vodorod sulfid tutgan gazlardan olinadi, u sulfat kislotasi 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'yoqlar va kimyo-farmatsevtika preparatlari olishda hamda pirotexnikada ishlatiladi.

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.

Frash usuli – konlardagi tabiiy oltingugurt qaynoq suv bilan suyuqlantiriladi va qisilgan havo bilan yuzaga siqib chiqariladi.

Gips – kalsiy sulfat kristallogidrat $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ bo'lib, uning ko'mir va gil bilan aralashmasi kuydiriladi va bunda kalsiy sulfatning qaytarilishi natijasida sulfit anhidrid hosil bo'ladi.

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 buzilishining oldini olishdan iborat.

Kislota sovitkichlari – absorberlarda sulfat anhidridning yutilishida ko'p miqdorda issiqlik ajraladi, u esa taqsimlanadigan kislotani qizib ketishiga olib keladi, uni sovitish uchun ishlatiladigan jihoz – kislota sovitkichi deyiladi.

Kontaktli kislota – sulfat kislota ishlab chiqarishda sulfit anhidridni oksidlash jarayoni qattiq holatdagi katalizator ishtirokida amalga oshiriladi.

Kontaktli usul – sulfat kislota ishlab chiqarishda sulfit anhidridni oksidlash jarayoni qattiq holatdagi katalizator ishtirokida amalga oshiriladi, bu geterogen katalitik jarayon hisoblanadi.

Kuyundi – kolchedan va boshqa oltingugurtli rudalar kuydirilganda kuyundi hosil bo'ladi, uning miqdori xomashyoning kimyoviy tarkibi va undagi oltingugurtning to'la yonishiga bog'liqdir.

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.

Markazdan qochma chang tutgich yoki siklon – markazdan qochma kuch ta'sirida gazlarni changdan va suyuqlik tomchilaridan tozalash uchun ishlatiladigan jihozlar.

Mexanik (taxmonli) pech – pechda maydalangan kolchedan bir necha taxmonlarda joylashtiriladi va uni eshkakchalari bilan bir taxmondan ikkinchisiga surish orqali aralastirilgan holda yondiriladi.

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

Minorali kislota – sulfat kislota ishlab chiqarishda sulfit angidridni oksidlash jarayoni gaz yoki suyuq holatdagi katalizator ishtirokida amalga oshiriladi.

Mis kolchedani – tarkibida temir va mis sulfidlari (CuFeS_2) bo'lgan xomashyo bo'lib, sulfat kislota ishlab chiqarish uchun keng ko'lamda ishlatiladi.

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 kabi dir.

Nam kataliz – sulfit gazi tarkibidagi SO_2 tarkibida anchagina miqdorda suv bug'lari bo'ladi, u vanadiyli katalizatorda sulfat angidridga oksidlanadi. Gazli aralashma keyinchalik kondensatorda sovitiladi, u yerda hosil bo'ladigan sulfat kislota bug'lari kondensatsiyalanadi. Bu usul bo'yicha sulfit angidridni sulfat angidridga oksidlash suv bug'i ishtirokida amalga oshiriladi, shu sababli bu usul ho'l kataliz usuli deyiladi.

Nitrozali usul – sulfit angidrid olish, sulfit angidridning nitrozaga yutilishi, sulfit angidridni nitroza bilan oksidlash, nitrozaning azot oksidlaridan ajratish (denitratsiya), nitrozadan ajraladigan azot oksidlarini gaz fazasida oksidlash, azot oksidlarini sulfat kislotaga yuttirish bosqichlaridan iborat bo'ladi (hozirgi paytda nitrozali usul bo'yicha ishlaydigan korxonalarda kameralar o'rnida minoralar o'rnatilgan, shuning uchun minorali usul ham deb ataladi).

Oleum yoki tutovchi sulfat kislota ($\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) – sulfat angidridning sulfat kislotadagi eritmasi bo'lib, u tarkibidagi erkin sulfat angidridning (100% H_2SO_4 dan yuqori) yoki SO_3 ning umumiy foiz miqdori bilan tavsiflanadi.

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.

Oleumli va monogidratli yig'gichlar – po'latdan tayyorlangan va ularning ichki qismi kislotaga chidamli plitkalar bilan himoyalangan jihozlar.

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, kadmiiy birikmalari, kalsiy va magniy karbonatlari va sulfatlari, oz miqdorda oltin va kumush kabi qo'shimchalar bo'ladi.

Qarshilik termometrlari – ularning ishlash prinsipi metallar harorati o'zgarishi bilan ular elektr o'tkazuvchanligining o'zgarishiga asoslangan. Qarshilik termometrining asosiy qismi ingichka (misdan, platinadan, maxsus qotishmadan tayyorlangan) sim hisoblanadi, ulaning bir uchi qarshilikni

o'ldash uchun uskuna (logomer yoki qarshilik mosti) bilan ulangan bo'ladi; uskunaning o'ldash darajasi yuz gradusli darajaga tegishli bo'limlarga ajratilgan bo'ladi.

Qaynovchi qatlamda kuydirish pechi – pechlarda pastki tomondan kiradigan havo bilan kolchedanning muallaq holatda ushlab turilishi ta'minlanadi va jadal aralashtirish orqali yondiriladi.

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 sulfat angidrid bo'ladi va u sulfat kislota ishlab chiqarish uchun qimmatbaho xomashyo hisoblanadi.

Siklonli pech – pechlarda kolchedan qaynoq havo bilan birgalikda katta tezlik bilan aylanma harakati orqali kuydiriladi va kuyundi maxsus tirqish orqali chiqarib olinadi.

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. Sulfat angidridni katalitik oksidlash natijasida sulfat angidrid hosil qilinadi.

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, chern va boshqa sanoatlarda, neytrallashtirish jarayonida, metallarni tozalashda va boshqa bir qancha maqsadlarda foydalaniladi.

Sulfat kislota konsentrlash – bu jarayon qizdirilganda sulfat kislota eritmasidan namlikni yo'qotishdan iborat; ko'pchilik hollarda kislota qaynoq gazlar bilan qizdiriladi. Gazdan kislota 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 angidrid yoki oltingugurt qo'shoksidi (SO_2) – odatdagi haroratda ko'zning shilliq pardalari va nafas olish organlarini zararlaydigan o'tkir hidli rangsiz gaz bo'lib, ishlab chiqarishda oltingugurt yoki metall sulfidlarining oksidlanishi natijasida hosil qilinadi.

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.

Tozalash koeffitsiyenti – tozalangan va iflos gazdagi chang miqdorlarining nisbati bo‘lib, uning qiymati changdagi zarrachalar o‘lchamiga bog‘liqdir.

To‘zg‘itilgan holatida oltingugurtni yoqish uchun pech – o‘tga chidamli g‘ishtlar bilan niqoblangan gorizontal 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‘siq bo‘ladi. Oltingugurt uchun pechni toblash forsunkalar ostidagi neftli yoki gazli forsunka yordamida amalga oshiriladi.

Vanadiyli kontakt massa – sulfat kislotasi 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 sulfovanadat-diatomli ma‘nosini anglatadi.

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.

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.

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.

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 (monoetanolami, soda v.b.) 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 kislotasi yoki elementar oltingugurt ishlab chiqarishda foydalaniladi.

Yuvindi eritmalari – metallar sirtini tozalashda kislota eritmalaridan foydalaniladi va bunda hosil bo‘ladigan chiqindi eritmalar yuvindi eritmalari deyiladi. Undan sulfat kislota ishlab chiqarishda foydalaniladi.

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 anhidrid ushlab qolinadi va undan sulfat kislota ishlab chiqarishda foydalaniladi.

Chang holatida kuydirish pechi – pechlarda kolchedan zarralari kamera taxmonlaridan tushish vaqtida yonadi.

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.

Cho‘ktiruvchi elektrod – yerga ulangan va sim to‘r bilan qoplangan quvur.

MUNDARIJA

	SO'ZBOSHI	3
	KIRISH	5
I bob.	SULFAT KISLOTA, OLEUM VA SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISHDAGI ORALIQ MAHSULOTLARNING XOSSALARI	8
1-§.	Sulfat kislota va oleumning xossalari	8
2-§.	Sulfat kislota ishlab chiqarishdagi oraliq mahsulotlar xossalari	14
3-§.	Sulfat kislota navlari, uni saqlash va tashish	16
	<i>Nazorat uchun savollar</i>	20
II bob.	SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISH XOMASHYOLARI	21
1-§.	Xomashyolar. Oltinugurt kolchedanlarining tarkibi va turlari	21
2-§.	Oltinugurt va uning xossalari. Tabiiy rudalardan oltinugurtning olinishi	24
3-§.	Rangli metallurgiya va aglomeratsiya gazlari. O'txona va yonilg'i gazlari. Sulfatli xomashyolar	33
	<i>Nazorat uchun savollar</i>	37
III bob.	OLTINGUGURTLI XOMASHYOLARNI KUYDIRISH	38
1-§.	Oltinugurtli xomashyolarni kuydirishning fizik-kimyoviy asoslari	38
2-§.	Kolchedanni kuydirish pechlari	51
3-§.	Kolchedanni kuydirishdagi pech bo'linmasining moddiy va issiqlik balansi	63
4-§.	Oltinugurt va gazsimon xomashyolarni yoqish pechlari	68
5-§.	Kuyundi gazlarini changdan tozalash	73
6-§.	Konsentrlangan sulfit angidrid olish	94
	<i>Nazorat uchun savollar</i>	105
IV bob.	SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISHNING KONTAKT USULI	107
1-§.	Sulfid angidridni sulfat angidridga oksidlash	107
2-§.	Sulfat angidridni absorbsiyalash	132
3-§.	Oltinugurt va boshqa xomashyolardan kontakt usulida sulfat kislota ishlab chiqarish	146
	<i>Nazorat uchun savollar</i>	158
V bob.	SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISHNING NITROZALI USULI	159
1-§.	Sulfid angidridni nitrozali katalitik oksidlash	159
2-§.	Minorali tizimning texnologik tartibi (rejimi)	176
	<i>Nazorat uchun savollar</i>	186

VI bob. SULFAT KISLOTANI KONSENTRLASH	188
1-§. Sulfat kislotani konsentrlashning fizik-kimyoviy asoslari	188
2-§. Sulfat kislotani konsentrlash	192
<i>Nazorat uchun savollar</i>	204
VII bob. SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQRISHDAGI JARAYONLAR NAZORATI, AVTOMATIK BOSHQARISH TIZIMI VA HAYOTIY FAOLIYAT XAVFSIZLIGI	205
1-§. Ishlab chiqarish nazorati	205
2-§. Sulfat kislota ishlab chiqarishda jarayonni avtomatik boshqarish	210
3-§. Sulfat kislota ishlab chiqarishda hayotiy faoliyat xavfsizligi	226
4-§. Sulfat kislota ishlab chiqarishda kimyoviy energiyadan foydalanish	230
<i>Nazorat uchun savollar</i>	235
ADABIYOTLAR	237
GLOSSARIY	239

**RUHAMMIDDINOV Israiljon Turgunovich,
MIRZAKULOV Xoltura Choriyevich**

SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQRISH NAZARIYASI VA TEXNOLOGIK HISOBLARI

Darslik

Muharrir **O. Jumayev**

Badiiy muharrir **M. Odilov**

Kompyuterda sahifalovechi **Z. Ulug'bekova**

Nashr lits. № 174. Bosishga ruxsat etildi 17.03.2017.
Qog'oz bichimi 60x84 1/16. Shartli bosma tabog'i 14,3.
Hisob-nashr tabog'i 14,8. Adadi 200.
12-buyurtma.



Mirzakulov Xoltura Choriyevich

1965-yil Surxondaryo viloyati Sho'rch'i tumanida tug'ilgan. Toshkent kimyo texnologiya instituti (TKTI) Noorganik moddalar kimyoviy texnologiyasi kafedrasida professori, texnika fanlari doktori. X.Ch.Mirzakulov 450 dan ortiq ilmiy ishlar, jumladan, 2 ta monografiya, 1 ta darslik, 2 ta o'quv qo'llanma, 17 ta o'quv-uslubiy qo'llanmalari chop etilgan, 30 dan ortiq mualliflik guvohnomalari va patentlar olingan. Uning rahbarligida 11 nafar xodim fan nomzodligi dissertatsiyasini muvafaqqiyatli himoya qilgan. U o'z ilmiy faoliyati yo'nalishida ilmiy maktab yaratgan. Yaratilgan yangi

innovatsion ilmiy ishlanmalari, jumladan, Markaziy Qizilqum fosforitlaridan ekstraksiya fosfat kislotasi olishning jadallashgan zamonaviy texnologiyasi, PS-Agro, boyitilgan superfosfat SPF-26, serofos, FAK, nitrofos o'g'itlari, ozuqaviy natriy, kaliy, kalsiy, ammoniy fosfat tuzlari hamda sanoat chiqindilari asosida azot-kalsiyli va kompleks suyuq o'g'itlar olish texnologiyalari yaratildi va ishlab chiqarishga joriy etildi. Mahalliy Tumruk koni mirabilitidan natriy sulfat, kaliyli o'g'itlar ishlab chiqarish korxonalarining galitli chiqindilaridan texnik va yuqori navli natriy xlorid olish texnologiyalari ishlab chiqarishga joriy etildi.



Shamshidinov Israiljon Turgunovich

1961-yil Namangan viloyati Uchqo'rg'on tumanida tug'ilgan. Namangan muhandislik-pedagogika instituti (NamMPI) Kasb ta'limi (Kimyoviy texnologiya) kafedrasida dotsenti, texnika fanlari nomzodi. Uning 200 dan ortiq ilmiy-uslubiy ishlari, shu jumladan, 12 ta ixtirosi uchun patentlar olingan hamda 140 dan ortiq ilmiy maqolalari va 50 dan ortiq uslubiy ishlari chop etilgan. U oliy ta'limining bakalavriat va magistratura bosqichlari hamda o'rta maxsus va kasb-hunar ta'limi talabalari uchun chop etilgan 4 ta darslik va 3 ta o'quv

qo'llanma muallifi. O'zbekiston Respublikasi «Iste'dod» jamg'armasining «Yilning eng yaxshi darsligi va o'quv qo'llanmasi muallifi» tanlovlari qatnashib «Mineral o'g'itlar va tuzlar texnologiyasi» darsligi uchun (2009-yil) ikkinchi o'rinni, «Mineral o'g'it ishlab chiqarish nazariyasi va texnologik hisoblari» darsligi uchun (2011-yil) birinchi o'rinni hamda «Murakkab o'g'itlar ishlab chiqarish nazariyasi va texnologik hisoblari» darsligi uchun (2015-yil) uchinchi o'rinni olishga erishgan. 2011-yilda «O'zbekiston Respublikasi mustaqilligiga 20 yil» esdalik nishoni bilan taqdirlangan.

ISBN 978-9943-13-645-8



9 789943 136458