

OLTINGUGURT BIRIKMALARINI YUTUVCHI CHIQINDI RUXLI ADSORBENTDAN RUX BIRIKMALARINI AJRATIB OLISH

Xaitmuratova Ozoda Panji qizi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti 1-bosqich magistranti

Ilmiy rahbar: Xujamberdiyev Sherzod Musurmanovich

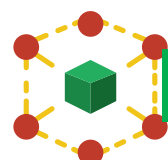
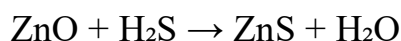
ANNOTATSIYA

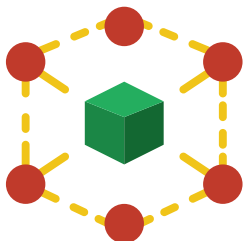
Maqolada neft-gaz, kimyo va metallurgiya korxonalarida vodorod sulfid hamda boshqa qaytarilgan oltingugurt birikmalarini tutishda ishlatiladigan rux oksidi asosidagi adsorbentning xizmat muddati tugagandan keyingi tarkibi va undan rux birikmalarini ajratib olish imkoniyatlari tahlil qilindi. Ishlatilgan adsorbentning asosiy faol fazasi rux sulfidga aylanishi, qoldiq rux oksidi, tashuvchi oksidlar, bog'lovchi moddalar va texnologik aralashmalar bilan birga murakkab ikkilamchi xomashyo hosil qilishi asoslab berildi. Tadqiqotda ilmiy manbalarni qiyosiy tahlil qilish, stexiometrik hisob, material balansi, fazalarning kislota va oksidlovchi muhitdagi xatti-harakatini baholash hamda texnologik sxemani modellashtirish usullari qo'llanildi. To'g'ridan-to'g'ri sulfat kislotali tanlab eritishda rux oksidi tez erishi, rux sulfid esa zaharli vodorod sulfid ajratishi mumkinligi sababli ochiq apparatlarda bunday usul xavfli ekani ko'rsatildi. Taklif etilgan yondashuv chiqindini xavfli saqlash obyektiga yuborish o'rniga ikkilamchi rux xomashyosiga aylantiradi, birlamchi rudaga ehtiyojni kamaytiradi va adsorbent ishlab chiqarish uchun qayta aylanma material bazasini shakllantiradi.

Kalit so'zlar: ruxli adsorbent, rux oksidi, rux sulfid, vodorod sulfid, oltingugurt birikmalari, chiqindini qayta ishlash, oksidlovchi tanlab eritish, sulfat eritmasi, ruxni cho'ktirish, ikkilamchi xomashyo.

KIRISH

Vodorod sulfid tabiiy gaz, neftni qayta ishlash gazlari, sintez-gaz, biogaz va ayrim metallurgik gaz oqimlarida uchraydigan kuchli zaharli hamda korroziy faol birikmadir. Uning katalitik jarayonlarga kirishi nikel, kobalt, mis va qimmatbaho metall asosidagi katalizatorlarning faol markazlarini zaharlaydi, quvurlar va issiqlik almashinish uskunalarida sulfidli korroziyani tezlashtiradi, tayyor mahsulot sifatini pasaytiradi. Gazni chuqur oltingugurtsizlantirish bosqichida rux oksidi yuqori kimyoviy moyilligi, texnologik boshqaruvchanligi va rux sulfid hosil qilish orqali vodorod sulfidni barqaror bog'lay olishi sababli keng qo'llanadi. Asosiy reaksiya rux oksidi bilan vodorod sulfidning qattiq-gaz tizimida o'zaro ta'siriga asoslanadi.





Mazkur reaksiya natijasida adsorbentning faol qismi asta-sekin rux sulfidga aylanadi. Sulfid qatlami zarracha yuzasidan ichkariga qarab rivojlanadi, g'ovaklarning bir qismini berkitadi va gazning reaksiyaga kirishmagan rux oksidi yadrosiga diffuziyasini cheklaydi. Shuning uchun adsorbentning amaliy sig'imi sof rux oksidi bo'yicha hisoblangan nazariy sig'imdan past bo'ladi. Ishlatilgan material tarkibida rux sulfid bilan birga reaksiyaga kirishmagan rux oksidi, alyuminiy oksidi, kremniy oksidi, temir oksidlari, kalsiy birikmalari, bog'lovchilar, chang va gaz oqimidan o'tgan iz miqdordagi og'ir metallar qoladi. Bunday tarkib uni oddiy inert chiqindi emas, balki rux va oltingugurtning yuqori konsentratsiyasiga ega texnogen xomashyo sifatida ko'rishni talab qiladi.

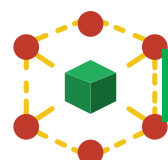
Rux tabiiy rudalardan olinadigan rangli metall bo'lib, galvanik qoplamalar, latun, kimyoviy reagentlar, rezina, keramika, bo'yoq, farmatsevtika va adsorbent ishlab chiqarishda qo'llanadi. Birlamchi rux ishlab chiqarish ruda qazib olish, boyitish, kuydirish, tanlab eritish va elektroliz kabi ko'p bosqichli jarayonlarni talab qiladi. Chiqindi adsorbentdagi rux esa oldindan boyitilgan, nisbatan yuqori konsentratsiyali va sanoat maydonida yig'ilgan manba hisoblanadi. Uni qayta ishlash orqali chiqindi hajmi kamayadi, ruxning ishlab chiqarish sikliga qaytishi ta'minlanadi va yangi adsorbent yoki rux tuzlari olish uchun xomashyo yaratiladi.

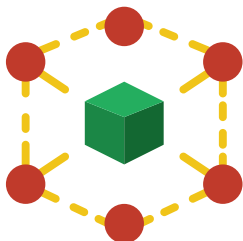
O'zbekiston Respublikasining "Chiqindilar to'g'risida"gi Qonuni chiqindilarning inson salomatligi va atrof-muhitga zararli ta'sirini oldini olish, ularning hosil bo'lishini kamaytirish va xo'jalik faoliyatida oqilona foydalanishni asosiy vazifa sifatida belgilaydi [1]. Rux va mis ishlab chiqarishdagi sanoat xavfsizligi qoidalari tarkibida rux bo'lgan ikkilamchi xomashyoni tasdiqlangan texnologik yo'riqnoma hamda ekologik ekspertiza asosida qayta ishlash zarurligini ko'rsatadi [2]. Ushbu talablar ishlatilgan adsorbentning kimyoviy tarkibini aniqlamasdan turib uni oddiy qattiq chiqindi sifatida tashlash mumkin emasligini anglatadi. Rux, kadmiy, qo'rg'oshin va sulfidli oltingugurtning mavjudligi saqlash, tashish, maydalash va tanlab eritish bosqichlarida yopiq uskunalar, aspiratsiya va gazlarni zararsizlantirish tizimlarini talab etadi.

Tadqiqotning maqsadi oltingugurt birikmalarini yutgan chiqindi ruxli adsorbentdan rux birikmalarini ajratib olishning ilmiy asoslangan, texnologik jihatdan boshqariladigan va ekologik xavfsiz yo'lini ishlab chiqishdan iborat. Maqsadga erishish uchun adsorbentning ehtimoliy fazaviy tarkibi va shakllanish qonuniyatlari baholandi, ruxning oksid va sulfid shakllarini eritmaga o'tkazish reaksiyalari tahlil qilindi, gidrometallurgik usullar taqqoslandi, ruxli eritmani tozalash va mahsulot olish bosqichlari asoslandi hamda hisobiy material balansi tuzildi.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA

O'zbekiston olimlarining rux ishlab chiqarish chiqindilarini qayta ishlashga bag'ishlangan ishlari texnogen xomashyoni kompleks o'zlashtirishning mahalliy ilmiy bazasini shakllantirgan. S.A. Abdurahmonov, R.E. Toshqodirova, U.M. Ahmadjonov va Sh.K. Qurbonov rux ishlab chiqarish





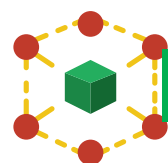
chiqindilaridan qimmatli komponentlarni ajratish imkoniyatlarini ko'rsatgan [3]. S.A. Abdurahmonov, F.E. Axtamov va R.E. Toshqodirova rux klinkerini elektr yordamida tanlab eritish sharoitlarini o'rgangan [4]. R.E. Toshqodirova va S.A. Abdurahmonovning monografiyasida klinkerning murakkab fazaviy tarkibi, sulfat va xlorid muhitdagi xatti-harakati hamda temir va rangli metallarni ajratish yo'llari tizimlashtirilgan [5]. Ushbu tadqiqotlar ruxli chiqindilarni faqat termik usul bilan emas, gidrometallurgik va kombinatsiyalangan usullar bilan qayta ishlash mumkinligini tasdiqlaydi.

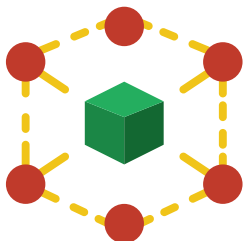
D.B. Xoliqulov, A.U. Samadov, O.N. Boltayev va F.E. Axtamov Olmaliq rux zavodi kekini laboratoriya sharoitida qayta ishlashda harorat, fazaviy o'zgarish va metallarning eritmaga o'tishiga e'tibor qaratgan [6]. D.B. Xoliqulov boshchiligidagi tadqiqotlarda rux kekining 18-24 foiz rux va 0,3-1,5 foiz mis saqlashi, ruxning bir qismi qiyin eriydigan ferrit shaklida bo'lishi hamda yuqori haroratli sulfat kislotali tanlab eritish jarayonida harorat va kislota konsentratsiyasi ajratish darajasiga kuchli ta'sir qilishi qayd etilgan [7]. Ushbu natijalar chiqindi ruxli adsorbent uchun to'liq ko'chirib olinmaydi, chunki adsorbentda ferrit bilan birga rux sulfid asosiy faza bo'lishi mumkin. Shunga qaramay, xomashyoni maydalash, fazaviy tahlil qilish, sulfatli eritma hosil qilish va eritmani aralashmalardan tozalash bo'yicha metodik yondashuvlar bevosita qo'llanadi.

M.M. Yoqubov, D.B. Xoliqulov, M.S. Maksudxo'jayeva va O.M. Yoqubov Olmaliq kon-metallurgiya kombinati sharoitida rux konsentratlarini gidrometallurgik qayta ishlash sxemasini takomillashtirib, 90 °C haroratda 180-190 g/l sulfat kislota va 4-4,5 soat davomida ruxni eritmaga 97-98,5 foizgacha o'tkazish mumkinligini ko'rsatgan [8]. M.M. Yoqubov, D.B. Xoliqulov, O.M. Yoqubov va X.R. Xaydaraliyevning keyingi ishida rux kekini gidrometallurgik qayta ishlash rux va misni yuqori darajada ajratishi, ammo eritmada temir miqdori ham ortishini tasdiqlagan [9]. Bu holat selektivlikning faqat ruxning eritmaga o'tishi bilan emas, temir, alyuminiy va boshqa aralashmalarning birgalikda erishi bilan baholanishi zarurligini ko'rsatadi.

Ruxning eritmaga ajralish darajasi quyidagi nisbat bilan baholanadi: $\eta = m_1 / m_0 \times 100$. Bu yerda m_0 xomashyodagi rux massasi, m_1 eritmaga o'tgan rux massasi. Reagentning stexiometrik sarfi fazaviy tarkibdan kelib chiqadi. ZnO ning bir molini eritish uchun bir mol H_2SO_4 talab qilinadi. ZnS ni oddiy sulfat kislota bilan eritish esa H_2S hosil qiladi. Shu sababli sulfidagi ruxni elementar oltingugurt hosil qilib eritmaga o'tkazadigan Fe^{3+} oksidlovchi tizim xavfsizroq va texnologik jihatdan ma'qul deb qabul qilindi.

1-jadval. Chiqindi ruxli adsorbentdagi asosiy fazalar va ularning qayta ishlashdagi xatti-harakati

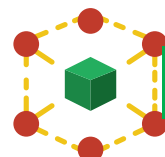


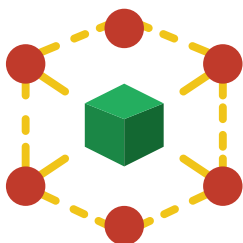


Faza yoki komponent	Kelib chiqishi	Tanlab eritishdagi xatti-harakati	Texnologik ahamiyati
ZnO	Reaksiyaga kirishmagan faol adsorbent	Sulfat kislotada tez erib ZnSO_4 hosil qiladi	Ruxning eng oson ajraladigan qismi
ZnS	H_2S bilan sulfidlanish mahsuloti	Oddiy kislotada H_2S chiqarishi mumkin, Fe^{3+} ishtirokida oksidlovchi eriydi	Ruxning asosiy qismi va oltingugurt manbai
Al_2O_3 va SiO_2	Tashuvchi va bog'lovchi fazalar	Kislota konsentratsiyasiga qarab qisman eriydi yoki qoldiqda qoladi	Filtrlash, selektivlik va mahsulot tozaligiga ta'sir qiladi
Fe oksidlari	Promotor, chang va texnologik aralashma	Kuchli kislotada eriydi, keyin gidroliz bilan cho'ktiriladi	Ruxli eritmani tozalashning asosiy yuklamasi
Ca birikmalari	Bog'lovchi va chang aralashmasi	Sulfat muhitda gips hosil qiladi	Qattiq qoldiq hajmini va filtrlashni belgilaydi
Pb va Cd birikmalari	Gaz oqimi yoki xomashyo aralashmalari	Qisman eritmaga o'tadi, alohida nazorat talab qiladi	Ekologik xavf va mahsulot sifati mezoni

TAHLIL VA NATIJALAR

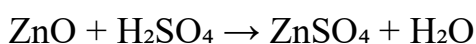
Stexiometrik hisob rux oksidining oltingugurtning bog'lash salohiyatini aniq ko'rsatadi. ZnO ning molyar massasi 81,38 g/mol, oltingugurtning atom massasi 32,06 g/mol. Bir mol ZnO bir mol H_2S tarkibidagi bir mol oltingugurtning bog'lagani uchun sof ZnO ning nazariy oltingugurt sig'imi $32,06 / 81,38 \times 100 = 39,4$ foizga teng. Adsorbent tarkibida faol ZnO 70 foiz bo'lsa, 100 kilogramm yangi adsorbentning nazariy sig'imi 27,6 kilogramm oltingugurtning tashkil etadi. Sanoat sharoitida g'ovaklar berkilishi, gazning notekis taqsimlanishi, namlik, karbonat angidrid va zarracha ichidagi diffuziya sababli haqiqiy sig'im bundan past bo'ladi. Shunga qaramay, xizmat muddati tugagan



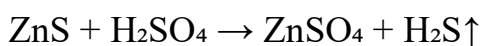


adsorbentda ruxning katta qismi saqlanib qoladi. ZnS tarkibida ruxning massa ulushi 67,1 foiz, ZnO tarkibida esa 80,3 foiz bo'lgani uchun material ruxga boy ikkilamchi xomashyo hisoblanadi.

To'g'ridan-to'g'ri sulfat kislotali tanlab eritishning afzalligi apparat sxemasining soddaligi va ZnO ning tez erishidir. Reaksiya quyidagicha kechadi.



Biroq chiqindi adsorbentdagi ZnS kislotali muhitda vodorod sulfid chiqarishi mumkin.



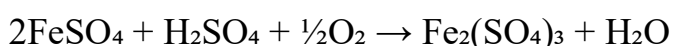
Bu reaksiya ochiq reaktorda qabul qilib bo'lmaydigan xavf tug'diradi. H₂S ning havo bilan aralashmasi zaharli va yonuvchan, metall qismlarda korroziyani kuchaytiradi, ishchi zonada esa keskin zaharlanish xavfini yuzaga keltiradi. Shuning uchun to'g'ridan-to'g'ri kislotali tanlab eritish faqat germetik reaktor, doimiy bosim nazorati, gaz analizatori va chiqayotgan gazni ishqoriy yoki oksidlovchi skrubberda to'liq tutish sharti bilan ko'rib chiqilishi mumkin. Jarayonning soddaligi xavfsizlik tizimiga ketadigan xarajat bilan yo'qqa chiqadi.

Termik oksidlash ZnS ni ZnO ga aylantirib, keyingi sulfat kislotali tanlab eritishni osonlashtiradi. Yuqori haroratda asosiy reaksiya $2\text{ZnS} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{ZnO} + 2\text{SO}_2$ ko'rinishida kechadi. Pastroq harorat va ortiqcha kislorod sharoitida ZnSO₄ hosil bo'lishi mumkin. Termik usul ruxni yuqori darajada ochsa-da, SO₂ gazini ushlash, issiqlik sarfi, granulalarning sinterlanishi va uchuvchan kadmiy hamda qo'rg'oshin birikmalarining gaz fazasiga o'tishi bilan bog'liq murakkabliklarni keltirib chiqaradi. O'zbekiston tadqiqotchilari rux kekini termik ishlov berishda 850 °C atrofidagi rejimlar fazaviy o'zgarishlar uchun samarali ekanini ko'rsatgan [12], lekin chiqindi adsorbentning tarkibi rux kekidan farq qilgani sababli haroratni bevosita ko'chirish mumkin emas. Adsorbent uchun 500-650 °C oralig'ida bosqichli oksidlash, SO₂ ni ishqoriy yutish va changni filtrda ushlash bo'yicha alohida sinov talab etiladi.

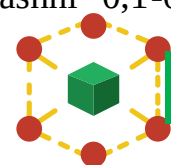
Oksidlovchi gidrometallurgik yo'l ZnS ni gazsimon H₂S chiqarmasdan eritmaga o'tkazish imkonini beradi. Temir uch valentli sulfat oksidlovchi sifatida ishlatilganda reaksiya quyidagicha boradi.

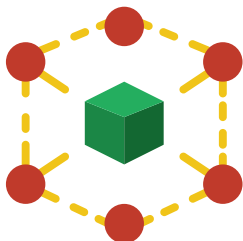


Hosil bo'lgan elementar oltingugurt qattiq qoldiqda qoladi, rux esa sulfat eritmasiga o'tadi. Fe²⁺ ionlarini kislorod bilan qayta Fe³⁺ holatiga oksidlash orqali oksidlovchi aylanishi tashkil etiladi.



Mazkur sxema H₂S gazini hosil qilmaydi, oltingugurtni elementar shaklda ajratadi va 70-90 °C oralig'idagi haroratda olib borilishi mumkin. Jarayonning zaif tomoni eritmada temir to'planishi, oksidlovchini regeneratsiya qilish uchun aeratsiya va katalitik sharoit zarurligi hamda elementar oltingugurtning zarracha yuzasini qoplab, reaksiyani sekinlashtirishidir. Maydalashni 0,1-0,5





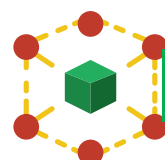
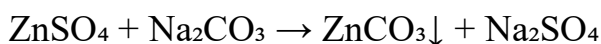
millimetrgacha olib borish, kuchli aralashtirish, pulpada 10-20 foiz qattiq fazani saqlash va sirt faol moddaning juda kichik dozalarini sinash mahsulot qatlamining ta'sirini kamaytirishi mumkin. Reagent rejimini faqat umumiy rux miqdoriga qarab emas, ZnO va ZnS nisbatiga qarab hisoblash kerak.

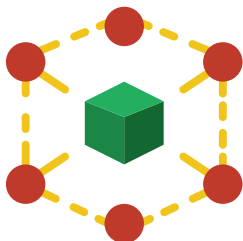
Ammiak-ammoniy tuzlari asosidagi tanlab eritish ruxni temir va alyuminiydan nisbatan selektiv ajratishi mumkin. Rux ammiak bilan eruvchan kompleks hosil qiladi, temir oksidlarining katta qismi qoldiqda qoladi. Biroq ZnS ni eritish uchun qo'shimcha oksidlovchi talab etiladi, ammiakning uchuvchanligi yopiq apparat va bug'larni qayta tutish tizimini zarur qiladi. Reagentni regeneratsiya qilish yo'lga qo'yilmasa, ammiakli sxemaning iqtisodiy va ekologik ustunligi yo'qoladi. Shu sababli u alyuminiy oksidi ko'p, temiri kam va ruxning katta qismi oksid shaklida bo'lgan adsorbent uchun muqobil variant sifatida qoldiriladi.

Qiyosiy baholash natijasida asosiy texnologik yo'l sifatida ikki bosqichli gidrometallurgik sxema tanlandi. Birinchi bosqichda yengil kislotali muhitda qoldiq ZnO eritiladi. Reaksiya vaqtini qisqa saqlash tashuvchi alyuminiy oksidining ortiqcha erishini cheklaydi. Ikkinchi bosqichda qoldiqdagi ZnS Fe^{3+} ishtirokida oksidlovchi tanlab eritiladi. Ikki eritma birlashtirilishi yoki tarkibiga qarab alohida tozalanishi mumkin. Bunday ajratish reagent sarfini nazorat qiladi, H_2S hosil bo'lish xavfini kamaytiradi va elementar oltingugurtga boy qattiq qoldiq olish imkonini beradi.

Tavsiya etilayotgan dastlabki laboratoriya rejimi quyidagicha asoslandi. Adsorbent $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ da doimiy massagacha quritiladi, 0,5 millimetrdan kichik o'lchamgacha maydalanadi va changsiz yopiq idishda saqlanadi. Birinchi bosqichda 30-50 g/l H_2SO_4 , suyuqlik va qattiq modda nisbati 5-7, harorat 40-60 $^{\circ}\text{C}$ va davomiylik 30-60 daqiqa qo'llanadi. Ikkinchi bosqichda 20-60 g/l Fe^{3+} , 20-50 g/l erkin H_2SO_4 , suyuqlik va qattiq modda nisbati 6-10, harorat 75-90 $^{\circ}\text{C}$ va davomiylik 90-180 daqiqa sinovdan o'tkaziladi. Ushbu qiymatlar tayyor sanoat rejimi emas, tajriba matritsasini shakllantirish uchun boshlang'ich diapazondir. Har bir sinovdan keyin rux, temir, alyuminiy, mis, kadmiy va qo'rg'oshinning eritmaga o'tishi hamda qoldiqdagi umumiy va sulfidli oltingugurt aniqlanishi kerak.

Tanlab eritish eritmasini tozalash rux mahsulotining sifatini belgilaydi. Fe^{2+} oksidlanib Fe^{3+} ga o'tkazilgach, pH 3,5-4,5 oralig'ida goetit yoki gidroksid shaklida cho'ktiriladi. Alyuminiyning cho'kishi pH va haroratga sezgir bo'lib, rux yo'qotilishini kamaytirish uchun neytrallovchi reagent sekin beriladi. Mis va kadmiy rux kukuni bilan sementatsiya qilinishi mumkin. Qo'rg'oshin sulfat muhitda kam eruvchan bo'lgani sababli qattiq qoldiqda qolishi kutiladi, ammo xlorid va kompleks hosil qiluvchi ionlar mavjud bo'lsa, eritmadagi miqdori alohida nazorat qilinadi. Tozalangan $ZnSO_4$ eritmasidan ruxni karbonat bilan cho'ktirish texnologik jihatdan qulaydir.



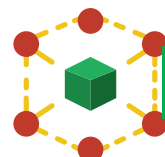


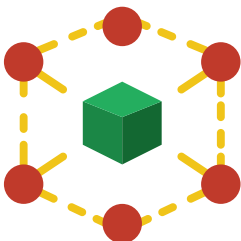
Rux karbonat 450-550 °C da parchalanib, rux oksidi hosil qiladi. Cho'kmani yuvish natriy sulfat va boshqa eruvchan tuzlarni kamaytiradi. Olingan ZnO ning adsorbent sifatida qayta ishlatilishi faqat kimyoviy tozalik bilan belgilanmaydi. Zarrachalar o'lchami, maxsus sirt maydoni, g'ovak hajmi, mexanik mustahkamlik va H₂S bo'yicha dinamik sig'im ham standart sinovdan o'tkazilishi zarur. Rux oksidi to'g'ridan-to'g'ri tayyor adsorbent sifatida emas, nazorat qilinadigan bog'lovchi va promotorlar bilan granulatsiya qilinadigan yarim mahsulot sifatida baholanishi to'g'ri.

Hisobiy material balansi texnologiyaning resurs salohiyatini ko'rsatadi. Bir tonna chiqindi adsorbentda umumiy rux 45 foiz deb olinganda xomashyoda 450 kilogramm rux mavjud bo'ladi. Ajratish darajasi 90 foiz bo'lsa, eritmaga 405 kilogramm rux o'tadi. Bu miqdor $405 \times 81,38 / 65,38 = 504$ kilogramm ZnO ga yoki $405 \times 287,54 / 65,38 = 1782$ kilogramm ZnSO₄·7H₂O ga teng. Mahsulot massasi tanlangan yakuniy shaklga bog'liq. Ushbu hisob boyitilgan ruxli chiqindini poligonga yuborish katta moddiy yo'qotish ekanini ko'rsatadi. Real balans uchun umumiy rux, ZnO va ZnS ulushi, namlik, erimaydigan tashuvchi, filtrlash yo'qotishi va eritmani tozalashdagi rux yo'qotilishi tajribada aniqlanishi shart.

2-jadval. Chiqindi ruxli adsorbentni qayta ishlash usullarining qiyosiy bahosi

Usul	Ruxni ajratish imkoniyati va umumiy baho	Asosiy afzallik	Asosiy xavf yoki cheklov
To'g'ridan-to'g'ri H ₂ SO ₄ bilan eritish	ZnO uchun yuqori, ZnS uchun xavfli. Cheklangan	Sodda apparat va arzon reagent	H ₂ S chiqishi, temir va alyuminiyning erishi
Oksidlovchi kuydirish va H ₂ SO ₄	Yuqori. Shartli maqbul	ZnS ni eruvchan oksid yoki sulfatga aylantiradi	SO ₂ , chang, energiya sarfi va sinterlanish
Fe ³⁺ bilan oksidlovchi tanlab eritish	Yuqori bo'lishi mumkin. Eng istiqbolli	H ₂ S hosil qilmaydi, oltingugurt qoldiqda qoladi	Temir aylanishi va elementar oltingugurt qatlami





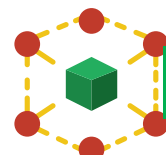
Usul	Ruxni ajratish imkoniyati va umumiy baho	Asosiy afzallik	Asosiy xavf yoki cheklov
Ammiakli tanlab eritish	Tarkibga bog'liq. Muqobil	Temir va alyuminiyga nisbatan selektiv	NH ₃ uchuvchanligi, ZnS uchun oksidlovchi zarur
Waelz yoki boshqa pirometallurgiya	Odatda yuqori. Yirik hajmda maqbul	Murakkab fazalarni ochadi	Yuqori harorat, koks va gaz tozalash xarajati

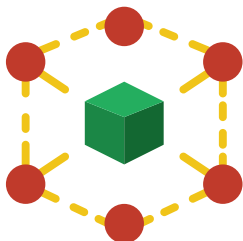
MUHOKAMA

Chiqindi ruxli adsorbentni qayta ishlashdagi asosiy ilmiy muammo ruxning umumiy miqdori emas, uning qaysi fazalarda joylashganidir. Bir xil umumiy rux miqdoriga ega ikki namuna mutlaqo turli reagent sarfi va ajratish ko'rsatkichini berishi mumkin. ZnO ko'p bo'lgan namuna suyultirilgan sulfat kislotada tez eriydi. ZnS ko'p bo'lgan namuna oksidlovchi talab qiladi. ZnFe₂O₄ kabi shpinel faza mavjud bo'lsa, oddiy atmosferali tanlab eritish yetarli bo'lmashligi mumkin. Al₂O₃ tashuvchisi kislotada eruvchan bo'lsa, eritmani tozalash xarajati ortadi. Shu sababli texnologiyani tanlashdan oldingi XRF va XRD tahlili yordamchi operatsiya emas, jarayonning asosiy boshqaruv bosqichidir.

Taklif etilgan ikki bosqichli sxemaning eng kuchli tomoni xavfli va tez eriydigan fazalarni bir reaktorda aralashtirmasligidir. Dastlab qoldiq ZnO ni yumshoq sharoitda eritish kislotani iqtisod qiladi va keyingi oksidlovchi bosqichdagi qattiq faza massasini kamaytiradi. ZnS ni Fe³⁺ bilan eritish H₂S ning gaz fazasiga chiqishini cheklaydi. Oksidlovchining aylanishi tashkil etilsa, temir tuzlari bir martalik reagent emas, jarayon vositachisi vazifasini bajaradi. Biroq Fe³⁺ ning ortiqcha miqdori eritmani tozalash yukini oshiradi. Shu sababli oksidlovchi sarfi sulfidagi oltingugurt bo'yicha hisoblanishi va oksidlanish-qaytarilish potentsiali uzluksiz nazorat qilinishi kerak.

Jarayonning ehtimoliy muvaffaqiyatsizlik nuqtalari oldindan ko'rilmasa, laboratoriyada yuqori rux ajratish ko'rsatkichi sanoatda takrorlanmaydi. Maydalash vaqtida sulfidli chang tarqalishi, nam namunada o'z-o'zidan qizish, kislotani tez qo'shishda lokal H₂S ajralishi, elementar oltingugurtning zarracha sirtini qoplashi, temir cho'ktirishda ruxning birgalikda cho'kishi, yuvilmagan ZnCO₃ tarkibida natriy sulfat qolishi va kalsinatsiyada zarrachalarning yiriklashishi asosiy failure mode hisoblanadi. Har bir xavf uchun muhandislik nazorati zarur. Maydalash yopiq tegirmonda va aspiratsiya ostida bajariladi. Reagent bosqichma-bosqich beriladi. Reaktor gaz fazasi H₂S sensori





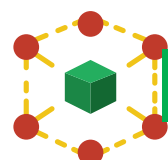
bilan nazorat qilinadi. Qattiq qoldiq yuviladi. Temir cho'ktirish pH-stat rejimida olib boriladi. ZnO kalsinatsiyasi mahsulotning sirt maydonini saqlaydigan harorat-vaqt rejimida bajariladi.

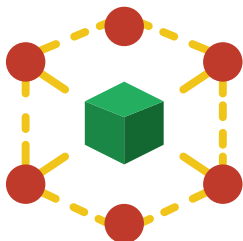
Ruxni maksimal ajratish har doim optimal texnologiya degani emas. Kislota konsentratsiyasini oshirish rux bilan birga temir va alyuminiyni ham eritishi, neytrallovchi reagent sarfini ko'paytirishi va ko'proq gidroksidli shlam hosil qilishi mumkin. O'zbekiston tadqiqotchilarining rux kekiga oid ma'lumotlarida 180-190 g/l H_2SO_4 va 90 °C da ruxning 97-98,5 foiz ajralishi bilan birga eritmada 14,8 g/l temir hosil bo'lgani ko'rsatilgan [9]. Chiqindi adsorbent uchun 90 foizlik selektiv ajratish 98 foizlik, ammo kuchli ifloslangan eritmada iqtisodiyroq bo'lishi mumkin. Optimallashtirish mezoni rux ajralishi, reagent sarfi, eritmani tozalash qiymati, xavfli gaz chiqishi, qoldiqning xavflilik darajasi va tayyor ZnO sifati birgalikda hisoblangan integral ko'rsatkich bo'lishi kerak.

Qattiq qoldiqni boshqarish ham jarayonning ajralmas qismidir. Oksidlovchi tanlab eritishdan keyingi qoldiq elementar oltingugurt, SiO_2 , Al_2O_3 , gips va kam eruvchan qo'rg'oshin birikmalarini saqlashi mumkin. Elementar oltingugurt flotatsiya yoki erituvchi bilan ajratish imkoniyati qoldiq tarkibiga bog'liq. Qoldiqni qurilish materialiga qo'shish haqida qaror faqat toksik elementlarning yuvilish sinovidan keyin qabul qilinadi. Kadmiy va qo'rg'oshin me'yoridan yuqori bo'lsa, qoldiq stabilizatsiya qilinishi yoki xavfli chiqindi sifatida boshqarilishi kerak. Ruxni eritmaga o'tkazish chiqindini avtomatik ravishda xavfsiz qilmaydi.

Tadqiqotni rivojlantirishning eng zarur yo'nalishi haqiqiy sanoat namunasida tajriba dizaynini bajarishdir. Fe^{3+} konsentratsiyasi, erkin H_2SO_4 , harorat, zarracha o'lchami, suyuqlik-qattiq modda nisbati va vaqt omillari javob sirlari usuli bilan optimallashtirilishi mumkin. Javob ko'rsatkichlari ruxning ajralishi, temir va alyuminiyning qo'shilib erishi, H_2S ning gaz fazasidagi miqdori, qoldiqdagi sulfidli oltingugurt va reagent sarfidan iborat bo'lishi kerak. Kinetik model qisqaruvchi yadro, mahsulot qatlami orqali diffuziya va sirt reaksiyasi nazoratini taqqoslash orqali tanlanadi. Tajriba natijalari termodinamik hisob bilan birga baholanganda laboratoriya ko'rsatkichlarini sanoat reaktoriga masshtablash uchun ishonchli asos paydo bo'ladi.

Rivojlantirishning ikkinchi yo'nalishi yopiq suv va reagent aylanishini yaratishdir. Filtratning bir qismi yangi pulpani tayyorlashga qaytariladi, Fe^{2+} aeratsiya bilan Fe^{3+} ga regeneratsiya qilinadi, natriy sulfatli ona eritma konsentrlanadi yoki boshqa texnologik ehtiyojga yo'naltiriladi. Oqartirilgan va yuvilgan $ZnCO_3$ dan olingan ZnO ning desulfurizatsiya faolligi yangi sanoat adsorbenti bilan bir xil sharoitda solishtiriladi. Dinamik sinovda kiruvchi H_2S konsentratsiyasi, gazning hajmiy tezligi, harorat, namlik, chiqishdagi breakthrough nuqtasi va granulalarning ezilish mustahkamligi qayd etiladi. Faqat shu sinovlar qayta olingan ZnO ni adsorbent ishlab chiqarishga qaytarish mumkinligini tasdiqlaydi.



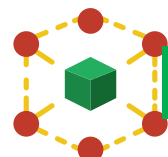


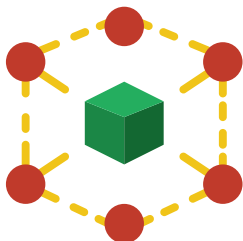
XULOSA

Oltingugurt birikmalarini yutgan chiqindi ruxli adsorbent rux sulfid, qoldiq rux oksidi, tashuvchi oksidlar va texnologik aralashmalardan tashkil topgan ruxga boy ikkilamchi xomashyodir. Uni poligonga yuborish rux resursining yo'qotilishi, sulfidli oltingugurt va og'ir metallarning uzoq muddatli ekologik xavfi bilan bog'liq. Rux oksidini sulfat kislotada eritish oson, ammo rux sulfidni to'g'ridan-to'g'ri kislotali eritish H_2S ajralishi sababli xavfli. Eng asoslangan yo'l adsorbentni tavsiflash, qoldiq ZnO ni yumshoq kislotali bosqichda ajratish, ZnS ni Fe^{3+} ishtirokida oksidlovchi tanlab eritish, eritmani aralashmalardan tozalash, ruxni karbonat shaklida cho'ktirish va kalsinatsiya orqali ZnO olishdan iborat. Hisobiy natijalar bir tonna, 45 foiz rux saqlagan chiqindidan 90 foiz ajratish darajasida 405 kilogramm ruxga teng mahsulot olish mumkinligini ko'rsatadi. Texnologiyani sanoatga joriy etishdan oldin haqiqiy namunalarning fazaviy tarkibi, partiyalararo o'zgaruvchanlik, oksidlovchi sarfi, H_2S xavfi, eritmani tozalashdagi rux yo'qotishi, qoldiqning yuviluvchanligi va qayta olingan ZnO ning dinamik adsorbsiya xossalari tajribada tasdiqlanishi kerak. Shunday yondashuv chiqindini xavfli obyekt sifatida saqlashdan resursni qayta aylantirish modeliga o'tish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] 1. O'zbekiston Respublikasi. Chiqindilar to'g'risida: 2002-yil 5-apreldagi 362-II-son Qonun // Qonunchilik ma'lumotlari milliy bazasi. <https://lex.uz/docs/-42423>.
- [2] 2. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi. Rux va mis ishlab chiqarishda sanoat xavfsizligi qoidalarini tasdiqlash to'g'risida: 2012-yil 19-dekabrda 245-son qaror // Qonunchilik ma'lumotlari milliy bazasi. <https://lex.uz/docs/-2234220>.
- [3] 3. Abdurahmonov S.A., Toshqodirova R.E., Ahmadjonov U.M., Qurbonov Sh.K. Izvlechenie tsennykh komponentov iz otkhodov tsinkovogo proizvodstva // Gornyy vestnik Uzbekistana. - 2010. - № 2. - S. 83-86.
- [4] 4. Abdurahmonov S.A., Axtamov F.E., Toshqodirova R.E. Elektrovyschelachivanie klinkera tsinkovogo proizvodstva // Gornyy vestnik Uzbekistana. - 2014. - № 2 (57). - S. 82-84.
- [5] 5. Abdurahmonov S.A., Toshqodirova R.E. Tekhnologiya pererabotki klinkera tsinkovogo proizvodstva: monografiya. - Navoiy: Alisher Navoiy nomidagi nashriyot, 2020. - 96 s.
- [6] 6. Kholikulov D.B., Samadov A.U., Boltaev O.N., Akhtamov F.E. The results of laboratory research processing of zinc cake zinc plant JSC "Almalyk MMC" // European Science Review. - 2018. - № 11-12. - Vol. 1. - P. 96-99.
- [7] 7. Kholikulov D.B., Yakubov M.M., Abdukadirov A.A., Mamatkulov N.N., Khaydaraliev Kh.R., Pulatov G., Mukhametdjanova Sh.A. The study of the characteristics of





zinc cake and the main direction of processing // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. - 2019. - Vol. 6. - Issue 10. - P. 11416-11421.

[8] 8. Yakubov M.M., Kholikulov D.B., Maksudhodjaeva M.S., Yoqubov O.M. Improvement of the technological scheme for processing zinc concentrates by hydrometallurgical method at JSC Almalyk MMC // Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra. - 2025. - № 2 (333). - P. 89-96. - DOI: 10.31643/2025/6445.21.

[9] 9. Yakubov M.M., Kholikulov D.B., Yokubov O.M., Khaidaraliev H.R. Development of an effective technology for hydrometallurgical processing of zinc cakes by Almalyk MMC JSC // Tsvetnye Metally. - 2025. - № 2. - DOI: 10.17580/tsm.2025.02.04.

[10] 10. Kholikulov D.B., Yakubov M.M., Mukhametdzhanova Sh.A., Bekbutaev A.N. Development of technology for extracting metals from process solutions by ion flotation // Tsvetnye Metally. - 2022. - № 6. - P. 19-24.

[11] 11. Toshkodiroya R.E., Abdurahmonov S.A. Pererabotka klinkera - tekhnogenogo otkhoda tsinkovogo proizvodstva // Universum: tekhnicheskie nauki. - 2020. - № 11. <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/10966>.

[12] 12. Kholikulov D.B., Yakubova D.M., Yakubov N.M. On innovations in the processing of zinc cakes in the conditions of JSC "Almalyk MMC" // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. - 2019. - Vol. 6. - Issue 12. - P. 12303-12306.

[13] 13. Hassan K.H. Regeneration and activity test of spent zinc oxide hydrogen sulfide removal catalyst // European Journal of Scientific Research. - 2010. - Vol. 39. - № 2. - P. 289-295.

[14] 14. Alane N., Djerad S., Tifouti L. Acid leaching of zinc from ZnO/Al₂O₃ catalyst // Lebanese Science Journal. - 2008. - Vol. 9. - № 2. - P. 63-74.

[15] 15. Kinnunen P., Miettinen H., Frilund C., Simell P. Integration of H₂S gas cleaning and bioleaching for zinc recovery from electric arc furnace dust // Hydrometallurgy. - 2025. - Vol. 236. - Article 106505. - DOI: 10.1016/j.hydromet.2025.106505.

