

ISSN 2091-5527

№ 4/2025

O'zbekiston

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Узбекский научно-технический и производственный журнал

Композиционные материалы

токарлик дастгоҳлари ва карусел машиналарда қўлланилади. Дастгоҳнинг кинематик схемаси деталнинг керакли миқдордаги айланишлар сонини олиш, электрkontakt пиширишнинг иш режими параметрларини таъминлаш учун электрод-роликни бўйлама ва кўндаланг юналишларда ҳаракатлантириш имконини беради.

Қурилманинг ишлаши электручкунли пишириш принципига асосланади. қоплама қоплаш жараёнида айланадиган электроднинг иш қисми ва қўлланиладиган қопламанинг кукуни билан қисқа вақт оралиғида туташади. Электр токининг ўтиши билан ЖОУЛ-ЛЕНС қонунига мувофиқ электр энергияси иссиқликка энергиясига айланади.

Хулоса. 110Г13Л пўлат технологик, механик ва эксплуатацион хоссалари кўриб чиқилди. Юқори марганецли 110Г13Л пўлат механик хоссаларини куймаларни эритиш, куйиш ва термик ишлов бериш технологияларига боғлиқлигини тадқиқ қилишга бағишланган ишлар таҳлил қилинди. Шу нарса кўрсатилдики, унинг механик ва эксплуатацион хоссаларини талаб даражасида бўлиши $S(FeO + MnO)$ миқдори ва эритмадаги кислород миқдори ҳал қилувчи аҳамият касб этади. Ушбу кўрсаткичларнинг муҳимлигини ҳисобга олган ҳолда, 110Г13Л пўлатни эритиш жараёнида ушбу ўлчамларни назорат қилишга эътибор қаратилиши керак.

АДАБИЁТЛАР

1. Иванов А.А., Петров Б.Б., Сидоров С.С. Разработка пористых сорбентов для очистки сточных вод от нефтепродуктов // Журнал экологических наук и технологий. – 2023. – Т. 17, № 4. – С. 215–228.
2. Смит Дж., Браун Т. Механизмы адсорбции нефтяных загрязнений на пористых материалах // Наука о экологических материалах. – 2022. – Т. 29, № 2. – С. 102–117.
3. Ван Ю., Ли Х., Чжан Х. Синтез и характеристика углеродных адсорбентов для ликвидации разливов нефти // Журнал химической инженерии. – 2021. – Т. 405. – С. 126758.
4. Кузнецов Д.В., Лебедев Е.Н., Орлов М.П. Применение цеолитов в процессах сорбционной очистки промышленных сточных вод // Вопросы химической технологии. – 2020. – Т. 36, № 6. – С. 89–98.
5. Чжао Л., Чэнь Р. Пористые силикатные материалы для адсорбции нефти: синтез и оценка эффективности // Передовые пористые материалы. – 2019. – Т. 12, № 3. – С. 189–202.
6. Хусанов Н.А., Руда майдаловчи жиҳозлар деталларнинг ишчи юзаларига ёйилишбардош қоплама қоплаш учун қаттиқ қотишма таркибини ишлаб чиқиш ва тадқиқ қилиш-2025 й. 43-б

UDK 669.531.66

SULFIDLI RUX BOYITMASINI PIROLYUZIT YORDAMIDA KISLOTALI MUHITDA OKSIDLASH YO‘LI BILAN TANLAB ERITISH JARAYONINING KINETIKASINI TADQIQ ETISH

Hojiyev Shohruh Toshpo‘latovich, Xolikulov Doniyor Baxtiyorovich,
Xaydaraliyev Xolbay Rustam o‘g‘li, Javliyev Sirojiddin Suyunovich, Movlanov Abdusalam Sayidovich

Olmaliq davlat texnika instituti “Metallurgiya” kafedrasida

Annotatsiya. Ushbu maqolada “Olmaliq kon-metallurgiya kombinati” AJda ishlab chiqariladigan sulfidli rux boyitmasining asosiy minerali – sfalerit (ZnS)ni piroluzit (MnO_2) yordamida kislotali muhitda oksidlovchi tanlab eritish jarayonining termodinamik va kinetik tahlili keltirilgan. Jarayon mexanizmini baholashda Gibbs erkin energiyasi va muvozanat konstantasi o‘rtasidagi bog‘liqlikdan foydalanilgan. Harorat 298–418 K oralig‘ida o‘zgartirilganda reaksiyalarning ΔG° va K qiymatlaridagi dinamik o‘zgarishlar hisoblab chiqilgan. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, $ZnS + MnO_2 + 4H^+ = Zn^{2+} + Mn^{2+} + S + 2H_2O$ reaksiyasi 45–55 °C haroratda termodinamik jihatdan eng qulay kechadi. Olingan ma‘lumotlar sulfidli rux boyitmalarini energiya tejamkor va ekologik xavfsiz gidrometallurgik texnologiyalar asosida qayta ishlash uchun ilmiy asos yaratadi.

Kalit so‘zlar: sfalerit, piroluzit, rux boyitmasi, oksidlovchi eritish, kislotali muhit, muvozanat konstantasi, Gibbs energiyasi, termodinamik tahlil, kinetik baho, gidrometallurgiya.

Kirish. Zamonaviy rangli metallurgiyada sulfidli rux boyitmalarini samarali qayta ishlash masalasi muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi. Chunki bunday boyitmalar nafaqat asosiy metall – ruxni, balki bir qator qimmatbaho va yo‘ldosh elementlarni ham o‘z tarkibida saqlaydi [1]. An‘anaviy pirometallurgik usullar yuqori energiya sarfi, gazsimon chiqindilar va metall yo‘qotishlari bilan tavsiflanadi [2]. Shu boisdan ekologik toza, energiya tejamkor hamda yuqori darajada selektiv bo‘lgan gidrometallurgik

texnologiyalarni ishlab chiqish dolzarb hisoblanadi [3].

Sulfidli minerallarni, xususan sfalerit (ZnS)ni tanlab eritish jarayonida asosiy qiyinchilik ularning kimyoviy barqarorligi va kislotali muhitda inertligi bilan bog‘liqdir [4]. Shu nuqtayi nazardan, oksidlovchi reagentlardan foydalanish orqali rux sulfidini eritma fazasiga o‘tkazish jarayonini faollashtirish alohida ilmiy qiziqish uyg‘otadi [5]. Piroluzit (MnO_2) esa kuchli oksidlovchi xususiyatga ega bo‘lib, kislotali muhitda $Mn^{4+} \rightarrow Mn^{2+}$ qaytarilish reaksiyasi hisobiga sulfidli

birikmalarni oksidlovchi tanlab eritish uchun istiqbolli reagentlardan biridir [6].

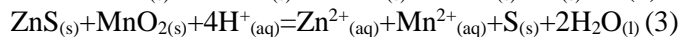
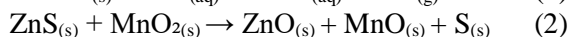
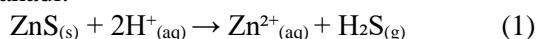
Pirollyuzit ishtirokidagi oksidlovchi eritish jarayonining mexanizmi, kinetik qonuniyatlari va reaksiyaning harorat, kislota konsentratsiyasi, zarracha o'lchami hamda qattiq-suyuq nisbatiga bog'liqligini o'rganish sulfidli rux boyitmalarini kompleks qayta ishlash texnologiyasini takomillashtirishda muhim ahamiyatga ega [7]. Ayniqsa, kislotali muhitda MnO₂ ishtirokida ZnS ning oksidlanish kinetikasini chuqur o'rganish jarayon mexanizmini aniqlash, reaksiyaning tezlikni cheklovchi bosqichini aniqlash va optimal texnologik sharoitlarni belgilash imkonini beradi [8].

Mazkur tadqiqotning dolzarbligi shundan iboratki, u sulfidli rux boyitmalarini kam chiqindili va ekologik xavfsiz usulda qayta ishlashning ilmiy asoslarini yaratadi, metallni to'liq ajratib olishni ta'minlaydi va mahalliy xomashyodan samarali foydalanishga xizmat qiladi [9].

Ushbu tadqiqotning maqsadi – sulfidli rux boyitmasini pirollyuzit yordamida kislotali muhitda oksidlovchi tanlab eritish jarayonining kinetikasini o'rganish, jarayon mexanizmini aniqlash va optimal texnologik sharoitlarni asoslab berishdan iborat. Buning uchun xomashyo tarkibi tahlil qilinib, jarayonga harorat, kislota konsentratsiyasi, qattiq-suyuq nisbat va zarracha o'lchamining ta'siri o'rganildi hamda reaksiyaning tezlikni cheklovchi bosqichi va kinetik modeli aniqlanadi.

Tadqiqot obyekti va metodikasi. Tadqiqot materiali sifatida "Olmaliq kon-metallurgiya kombinati" AJda ishlab chiqariladigan sulfidli rux boyitmasi tanlandi. Boyitmaning asosiy minerali sfalerit (ZnS) bo'lib, uning massa ulushi o'rtacha 60% ni tashkil etadi [10]. Qolgan qismini pirit (FeS₂), galenit (PbS), kvarts (SiO₂) va boshqa aralashmalar tashkil etadi. Sfalerit – ruxning asosiy sulfid shakli bo'lib, uni eritmaga o'tkazish uchun oksidlovchi reagentlar ishtirokidagi gidrometallurgik jarayonlar keng qo'llaniladi.

Ushbu tadqiqotda pirollyuzit (MnO₂) oksidlovchi sifatida tanlab olindi. U kuchli oksidlovchi xususiyatga ega bo'lib, kislotali muhitda Mn⁴⁺ → Mn²⁺ qaytarilish reaksiyasi orqali sulfidli birikmalarni oksidlab, ruxni eritma fazasiga o'tkazish imkonini beradi. Tadqiqotda ko'rib chiqilgan asosiy reaksiyalar quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:



Jarayonning termodinamik tahlili asosida Gibbs erkin energiyasi va muvozanat konstantasi (K) orasidagi bog'liqlikdan kinetik xulosalar chiqarildi. Hisob-kitoblarda quyidagi asosiy tenglamadan foydalanildi:

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K \quad (4)$$

bu yerda R – gaz konstantasi (8,314 J·mol⁻¹·K⁻¹), T – absolyut harorat (K), K – muvozanat konstantasi.

Turli haroratlar (298–328 K) oralg'ida reaksiyaning standart Gibbs energiyasi qiymatlari termodinamik ma'lumotnomalardagi komponentlarning ΔG_{r°}, ΔH_{r°} va S_{r°} qiymatlariga asoslanib hisoblab chiqildi.

Shu tarzda kinetik tahlil to'g'ridan-to'g'ri eksperimental ma'lumotlarga emas, balki termodinamik hisoblar orqali olingan muvozanat konstantalari asosida olib borildi. Bu yondashuv jarayonning umumiy tezlik yo'nalishini, reaksiyaning haroratga nisbatan sezuvchanligini va energetik qulaylik darajasini baholash imkonini berdi. Natijalar asosida sfaleritning pirollyuzit yordamida kislotali muhitda oksidlovchi tanlab eritilishi termodinamik va kinetik jihatdan ma'lum harorat diapazonida qulay ekanligi aniqlanadi.

Natijalar va muhokama. Tushunarli va izchil muhokamani tashkil etish maqsadida qiyosiy termodinamik tahlil ma'lum ketma-ketlik (algoritm) asosida amalga oshirildi. Tadqiqotning ushbu bosqichida, avvalo, yuqorida keltirilgan ruxni tanlab eritishga qaratilgan uchta asosiy kimyoviy reaksiya tanlab olindi. Haroratning 298–418 K (25–145 °C) oralg'ida o'zgarishi ruxni tanlab eritishga oid uchta kimyoviy reaksiyaning muvozanat konstantalariga turlicha ta'sir ko'rsatdi (1-jadval).

1-jadval.

Harorat bo'yicha ruxni eritish reaksiyalarining muvozanat konstantalari (K) ning o'zgarishi

№	Haroratlar		Muvozanat konstantalari		
	T (K)	T (°C)	K ₁	K ₂	K ₃
1	298	25	0,9987	1,0062	1,0838
2	303	30	0,9989	1,0061	1,0822
3	308	35	0,9991	1,0061	1,0807
4	313	40	0,9993	1,0060	1,0792
5	318	45	0,9995	1,0060	1,0778
6	323	50	0,9997	1,0060	1,0764
7	328	55	0,9999	1,0059	1,0750
8	333	60	1,0001	1,0059	1,0738
9	338	65	1,0002	1,0058	1,0725
10	343	70	1,0004	1,0058	1,0713
11	348	75	1,0006	1,0058	1,0701
12	353	80	1,0007	1,0057	1,0690
13	358	85	1,0009	1,0057	1,0678
14	363	90	1,0010	1,0056	1,0668
15	368	95	1,0011	1,0056	1,0657
16	373	100	1,0013	1,0056	1,0647
17	378	105	1,0014	1,0055	1,0637
18	383	110	1,0015	1,0055	1,0627
19	388	115	1,0017	1,0055	1,0618
20	393	120	1,0018	1,0055	1,0609
21	398	125	1,0019	1,0054	1,0600
22	403	130	1,0020	1,0054	1,0591
23	408	135	1,0022	1,0054	1,0583
24	413	140	1,0023	1,0053	1,0574
25	418	145	1,0024	1,0053	1,0566

Olingan natijalarga ko'ra, 1-reaksiyada K qiymati 0,9987 dan 1,0024 gacha ortib, harorat oshishi bilan reaksiyaning termodinamik barqarorligi biroz kuchayadi. 2-reaksiyada esa $K \approx 1,006$ atrofida deyarli o'zgarmay, tizimning haroratga nisbatan yuqori barqarorligini namoyon etadi. 3-reaksiyada K 1,0838 dan 1,0566 gacha kamayadi, bu esa harorat ortishi bilan reaksiyaning o'z-o'zidan borish qobiliyati biroz susayishini bildiradi. Umuman olganda, barcha reaksiyalar uchun $K > 1$ sharti bajarilgan bo'lib, ular termodinamik jihatdan o'z-o'zidan kechuvchi jarayonlardir. Biroq taqqoslash natijasida 3-reaksiya eng energiya samarali, 1-reaksiya yuqori haroratlarda nisbatan qulay, 2-reaksiya esa butun harorat diapazonida eng barqaror ekanligi aniqlandi.

O'tkazilgan termodinamik tahlil natijalariga ko'ra, $ZnS + MnO_2 + 4H^+ \rightarrow Zn^{2+} + Mn^{2+} + S + 2H_2O$ reaksiyasi 45–55 °C (318–328 K) harorat oralig'ida boshqa solishtirilgan reaksiyalarga nisbatan taxminan 7 % ga yuqori muvozanat konstantasiga ega bo'lib, bu uning mahsulotlar tomoniga siljishi va jarayonning termodinamik jihatdan qulayroq kechishini ko'rsatadi. Bunday sharoitda issiqlik balansi va ion almashinish barqaror bo'ladi, suvning bug'lanishi boshlanadigan 90 °C dan yuqori haroratlarda esa sistemada bug'lanish va H_2S gazi hosil bo'lish xavfi ortadi. Shu sababli, reaksiyani olib borish uchun

optimal harorat diapazoni 45–55 °C deb tavsiya etiladi, chunki aynan shu oralıqda reaksiyaning eruvchanlik, energiya samaradorligi va ekologik xavfsizlik jihatlari eng maqbul muvozanatda ta'minlanadi.

Xulosa. O'tkazilgan tadqiqot natijalariga ko'ra, sulfidli rux boyitmasining asosiy minerali bo'lgan sfaleritning (ZnS) pirolyuzit (MnO_2) ishtirokida kislotali muhitda oksidlovchi tanlab eritish jarayoni termodinamik jihatdan o'z-o'zidan kechuvchi reaksiya ekanligi aniqlandi. Reaksiya muvozanat konstantalarining haroratga bog'liqligini tahlil qilish orqali jarayonning kinetik xususiyatlari aniqlanib, 45–55 °C diapazoni optimal harorat sohasi sifatida tavsiya etildi. Aynan shu oralıqda jarayonning energiya samaradorligi yuqori, eritish yo'nalishi mahsulotlar tomoniga siljiydi hamda ekologik xavfsizlik jihatidan barqaror muhit yaratiladi.

Ilmiy yangilik shundan iboratki, tadqiqotda sfaleritning pirolyuzit yordamida kislotali muhitda oksidlovchi eritilishi jarayonining kinetik xususiyatlari termodinamik tahlil asosida aniqlangan, ya'ni eksperimental o'lchovsiz muvozanat konstantasining haroratga bog'liqligidan kinetik baho berish usuli ishlab chiqilgan. Bu yondashuv sulfidli rux boyitmalarini gidrometallurgik qayta ishlash jarayonlarini oldindan prognozlash va optimal sharoitlarni nazariy jihatdan asoslash imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Svens K., Kerstiens B., Runkel M. Recent experiences with modern zinc processing technology // "Erzmetall". – 2003. – №2. – P. 94 – 103.
2. Снурников А.П. Гидрометаллургия цинка. М.: Metallurgiya, 1981. - 384 с.
3. Якубов М.М., Холикулов Д.Б., Ёкубов О.М., Хайдаралиев Х.Р., Максудхўжаева М.С. Инновационные технологии переработки цинковых кеков // Kompozitsion materiallar. – 2024. – №1. – С. 129–131.
4. Якубов М.М., Холикулов Д.Б., Ёкубов О.М., Максудхўжаева М.С., Хайдаралиев Х.Р. Усовершенствование технологии гидрометаллургической переработки цинковых концентратов на АО «Алмалыкский ГМК» // Kompozitsion materiallar. – 2023. – №4. – С. 222–224.
5. Khojiev Sh.T., Rakhmataliyev Sh.A., Tulaganov M.I., Rakhmonaliyev M.M. Modern technologies of zinc production // Моя профессиональная карьера, 2022, 35(8). С. 266–275.
6. Тошқодирова Р.Э., Кенжаева С.А., Хожиев Ш.Т. Исследование извлечения редких металлов из клинкера цинкового производства // Химическая технология и техника: материалы докладов 89-й Междунар. науч.-техн. конф. Минск, 2025. – С. 81–84.
7. Холикулов Д.Б., Хайдаралиев Х.Р., Хожиев Ш.Т., Муталибхонов С.С. Термодинамический анализ выщелачивания феррита цинка серной кислотой с использованием гидразина сульфата // Химическая технология и техника: материалы докладов 89-й Междунар. науч.-техн. конф. Минск, 2025. – С. 87–90.
8. Khojiev Sh.T., Saidova M.S., Mirzajonova S.B., Ibrokhimov H.X., Ismatov Sh.O'. Development of Technology for Processing Zinc Cakes Based on the Use of Petroleum Coke // International Journal of Academic Engineering Research, 6(6), 2022. P. 23–28.
9. Якубов М.М., Холикулов Д. Б., Ёкубов О.М., Хайдаралиев Х.Р. Разработка эффективной технологии гидрометаллургической переработки цинковых кеков АО «Алмалыкский ГМК» // Цветные металлы. — 2025. — № 2. — С. 33–40.
10. Kholikulov D.B., Khaydaraliyev Kh.R., Khojiev Sh.T. Mineralogical investigation of zinc cake generated in Almalyk zinc production // Proceedings of the International Conference on Integrated Innovative Development of Zarafshan Region: Achievements, Challenges and Prospects. – Navoi, 2025. – P. 401–402.

Мардонакулов Ш.Ў., Каримов К.А., Турахужаева Ш.Н. Аллюминий–кремний қотишмаларини суюклантириш режимига кўра металл йўқотилишини аниқлашнинг математик модели	122
Panjiyev A.X., Xolliyeva Sh.O., Ziyayev R., Shodmonov B. Sirka kislotali monoetanolammoniy va karbamidammiakli selitra eritmalarining xossalarini o‘rganish	124
To‘rayeva G.S., Todjiyev J.N., Navruzov F.M., Tuliyeв B.A., Turabov N.T. Qo‘rg‘oshin(II) ionini aniqlash uchun spektroskopik usullarini tanlashning nazariy asoslari va spektrofotometriya usulining qo‘llanilishi	127
Mamurov E.T., Sarimsakov O.Sh. Linter mashinalari uchun resurstejamkor kolosnik konstruksiyasi	130
Ахмедов О.Р., Абдурахманов Ж.А., Шомуротов Ш.А., Тураев А.С. Синтез и свойства <i>n</i> -гуанидиний хитозана	133
Murtazoyev A.M., Xikmatova D.X., Bozorova Z.X. Parmalash qorishmalarining chiqindilaridan foydalanish	136
Бердияров Б.Т., Исмаилов Ж.Б., Очилдиев К.Т., Мухаметджанова Ш.А., Боймурзаева Ж.И. Восстановления обожонного цинкового концентрата в слабо-восстанавливающей газовой среде	139
6. Проблемные обзоры	
Бегентаев М.М., Кульдеев Е.И., Нурпеисова М.Б., Бек А., Низамова А.Т. Исследование и использование золошлаковых отходов в качестве вторичного сырья	143
Абед Н.С., Маматов Б.А., Исломов Ш.А., Улмасов Т.У., Негматов С.С., Ибодуллаев Т.Н., Туляганова В.С., Бозорбоев Ш.А. Исследование закономерностей влияния внешних факторов на физико-механические и виброакустические характеристики композиционных полимерных материалов ...	148
Абед Ф.Ж. Перспективы использования полимерных пленок в фармации	152
Хусанов Н.А. Тоғ-кон саноати курилмалари деталлари юзасига композицион металл кукунлари ёрдамида электроконтакт усули билан қоплама қоплаш технологияси	156
Hojiyev Sh.T., Xolikulov D.B., Xaydaraliyev X.R., Javliyev S.S., Movlanov A.S. Sulfidli rux boyitmasini piroluzit yordamida kislotali muhitda oksidlash yo‘li bilan tanlab eritish jarayonining kinetikasini tadqiq etish..	158
Raxmonova X.Q., Sultonov Sh.A. Paxta moyidagi rang beruvchi pigmentlarining o‘zgarishiga gil kukunlarini tarkibining ta’siri	161
Turakhujaeva Sh.N., Sharipov K.A., Mardonakulov Sh.U., Turakhujaeva A.N. The effect of the addition of silicon and manganese on the properties of aluminum-magnesium alloy: an overview for a comparative analysis	163
Мирсагатова М.А., Абдумавлянова М.К., Содикова М.Р. Исследования газового конденсата месторождений Узбекистана, проблемы класификации и кодирования в соответствии с ТН ВЭД	165
Усманкулов О.Н. Исследование осаждения платины в виде комплексного соединения	169
Qurbonov A.R., Yusupov F.M., Raximov X.Yu. Gaz quvurlari uchun mahalliy xomashyo asosidagi korroziyaga qarshi materiallarning fizik-kimyoviy va ekspluatasion xususiyatlarini o‘rganish	175
Dustqobilov E.N. Tabiiy gazni nordon komponentlar va oltingugurtli birikmalardan absorbtsiyasi tozalashda qo‘llaniladigan qurilmalarning asosiy turlari	178
Qurbonov A.R., Yusupov F.M., Raximov Kh.Yu. Korroziya jarayonining tezligi va xarakterini belgilovchi asosiy omillarning ta’sirini o‘rganish	184
Turonov M.Z. Qattiq qotishmali perosimon parmaning kesib ishlash jarayonida radial tebranishlarini tadqiqotlash	187
Xalikulov U.M., Parmonov G‘.M. Volfram keklar tarkibidan kalsiy nitrat (Ca(NO ₃) ₂) mineral o‘g‘iti olish texnologiyasini ishlab chiqish	190
Omonov Z.J. Ishchi qismi takomillashtirilgan arrali jinni jin samaradorligiga va mahsulot sifatiga ta’sirining tadqiqoti	193
Qurbonov A.R., Yusupov F.M., Raximov X.Yu. Mahalliy xomashyolar asosida korroziyaga qarshi materiallarning turli faktorlarga ta’sirini o‘rganish	198
Баракаев Н.Р., Шукуров Ю.У. Замонавий куриштиш усулларининг таҳлили ва сублиматция усули билан куриштишнинг афзалликлари	201