ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME -11

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 11

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

KADMIY SEMENTATSIYASI JARAYONINING IKKI BOSQICHLI TEXNOLOGIK SXEMASI VA UNING SAMARADORLIGI

Eshonqulov Uchqun Xudoynazar o‘g‘li
Qarshi davlat texnika universiteti, (PhD) Dotsent.
Qarshi.sh.
Chorshanbiyev Shohruh Bahrom o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agritexnologiyalar universiteti Assistant.
Eshnazarov Mustafo Shoymardonovich
Termiz davlat muhandislik va agritexnologiyalar universiteti Katta o‘qituvchi.
Axmatov Sobir Farxof o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agritexnologiyalar universiteti Assistant.
Egamberdiyev Abror Abdurahmon o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agritexnologiyalar universiteti. Assistant.
Termiz.
Tel.: +99899 333 99 22
E-mail: shohruhchorshanbiyev7@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada rux eritmalaridan mis, kadmiy va kobaltni ajratib olishda qo‘llaniladigan ikki bosqichli sementatsiya jarayonining texnologik xususiyatlari va samaradorligi tahlil qilingan. Jarayonning elektrokimyoviy asoslari, gidrodinamik sharoitlari hamda reagentlar ta’siri yoritilgan. Shuningdek, kadmiy ajratib olishda yopiq aylanishli tizimning afzalliklari va sanoat sharoitidagi qo‘llanilish istiqbollari ko‘rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: kadmiy, sementatsiya, rux eritmasi, mis, kobalt, gidrometallurgiya, ikki bosqichli jarayon, qarama-qarshi oqim, elektrokimyoviy jarayon, rux kukuni, gidrotsiklon, quyuqlashtirgich, filtratsiya, sharli tegirmon, pulpa, mis-kadmiy keki, reagent, natriy antimonat, Shlippe tuzi, elektroliz, metall ajratish, selektiv cho‘ktirish, standart elektrod potensiali, ionlar, Zn, Cd^{2+}, Cu^{2+}, jarayon kinetikasi, disperslik, aralashtirgich, yopiq aylanish, texnologik sxema, sanoat metallurgiyasi, resurslardan foydalanish, chiqindi kamaytirish, tozalash jarayoni, yuqori samaradorlik, metallurgik jarayon, ekologik samaradorlik, boyitish texnologiyasi, kadmiy ishlab chiqarish.

Аннотация. В данной статье проанализированы технологические особенности и эффективность двухстадийного процесса цементации, применяемого для извлечения меди, кадмия и кобальта из цинковых растворов. Рассмотрены электрокимические основы процесса, его гидродинамические условия, а также влияние реагентов. Кроме того, исследованы преимущества замкнутой циркуляционной системы при извлечении кадмия и перспективы её применения в промышленных условиях.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: кадмий, цементация, цинковый раствор, медь, кобальт, гидрометаллургия, двухстадийный процесс, противоточное движение, электрокимический процесс, цинковый порошок, гидроциклон, сгуститель, фильтрация, шаровая мельница, пульпа, медно-кадмиевый кек, реагент, антимонат натрия, соль Шлиппе, электролиз, извлечение металлов, селективное осаждение, стандартный электродный потенциал, ионы, Zn, Cd^{2+}, Cu^{2+}, кинетика процесса, дисперсность, мешалка, замкнутый цикл, технологическая схема, промышленная металлургия, использование ресурсов, снижение отходов, процесс очистки, высокая эффективность, металлургический процесс, экологическая эффективность, технология обогащения, производство кадмия.

Abstract. This article analyzes the technological features and efficiency of a two-stage cementation process used for the extraction of copper, cadmium, and cobalt from zinc solutions. The electrochemical fundamentals of the process, hydrodynamic conditions, and the influence of reagents are discussed. In addition, the advantages of a closed-loop circulation system for cadmium recovery and its prospects for industrial application are evaluated.

Keywords: cadmium, cementation, zinc solution, copper, cobalt, hydrometallurgy, two-stage process, counter-current flow, electrochemical process, zinc powder, hydrocyclone, thickener, filtration, ball mill, pulp, copper-cadmium cake, reagent, sodium antimonate, Schlippe's salt, electrolysis, metal extraction, selective precipitation, standard electrode potential, ions, Zn, Cd^{2+}, Cu^{2+}, process kinetics, dispersion, agitator, closed-loop system, технологическая схема (process flowsheet), industrial metallurgy, resource utilization, waste reduction, purification process, high efficiency, metallurgical process, environmental efficiency, beneficiation technology, cadmium production.

KIRISH.

Uzluksiz ikki bosqichli sementatsiya jarayonining samaradorligi nafaqat elektrokimyoviy potensiallar farqi, balki massa almashinuvi va diffuziya jarayonlarining intensivligi bilan ham belgilanadi. Mazkur jarayonda geterogen sistemalarda kechadigan reaksiyalar mexanizmi "qattiq–suyuq" fazalar chegarasida sodir bo'lib, rux zarrachalari yuzasida ionlarning adsorbsiyasi va keyingi elektron almashinuvi orqali amalga oshadi. Shu sababli, rux kukunining solishtirma yuzasi, ya'ni disperslik darajasi, sementatsiya tezligiga to'g'ridan-to'g'ri ta'sir ko'rsatadi. Mayda dispersli rux kukuni yuqori reaksiya sirtini ta'minlab, jarayon kinetikasini sezilarli darajada tezlashtiradi. Jarayonda termodinamik omillar bilan bir qatorda kinetik cheklovlar ham muhim ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, diffuzion qatlam qalinligi, eritmadagi ionlarning konsentratsiyasi va gidrodinamik rejim (laminar yoki turbulent oqim)

ISSN 3030-3907

sementatsiya tezligini belgilovchi asosiy parametrlar hisoblanadi. Aralashtirgichlar yordamida hosil qilinadigan turbulent muhit diffuziya qarshiligini kamaytirib, ionlarning reaktiv yuzaga yetib borishini tezlashtiradi. Bu esa reaksiyaning umumiy tezligini oshiradi va metallarning to‘liqroq ajralishini ta’minlaydi.

Bundan tashqari, eritma muhitining pH qiymati va undagi qo‘shimcha ionlarning mavjudligi ham jarayon selektivligiga ta’sir qiladi. Masalan, ayrim holatlarda temir, nikel yoki boshqa qo‘shimcha elementlar sementatsiya jarayoniga raqobatdosh reaksiyalar orqali salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu boisdan texnologik jarayonda eritma tarkibini oldindan optimallashtirish muhim hisoblanadi. Ikki bosqichli sxemaning afzalliklaridan biri — qarama-qarshi oqim prinsipiga asoslanganligi sababli reagentlardan maksimal darajada foydalanish imkonini berishidir. Bu esa metallarning ajralish darajasini oshiribgina qolmay, balki rux sarfini kamaytiradi va umumiy texnologik samaradorlikni yaxshilaydi. Natijada yuqori tozalangan eritma olinib, keyingi elektroliz bosqichida yuqori sifatli metall olish uchun zarur sharoit yaratiladi.



1-Rasm. Rux eritmalarini mis, kadmiy va kobaltdan tozalashning elektrokimyoviy asoslar

Uzluksiz ikki bosqichli sementatsiya jarayonining samaradorligi nafaqat elektrokimyoviy potensiallar farqi, balki massa almashinuvi va diffuziya jarayonlarining intensivligi bilan ham belgilanadi. Mazkur jarayonda geterogen sistemalarda kechadigan reaksiyalar mexanizmi “qattiq–suyuq” fazalar chegarasida sodir bo‘lib, rux zarrachalari yuzasida ionlarning adsorbsiyasi va keyingi elektron almashinuvi orqali amalga oshadi. Shu sababli, rux kukunining solishtirma yuzasi, ya’ni disperslik darajasi, sementatsiya tezligiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta’sir ko‘rsatadi. Mayda dispersli rux kukuni yuqori reaksiya sirtini ta’minlab, jarayon kinetikasini sezilarli darajada tezlashtiradi.

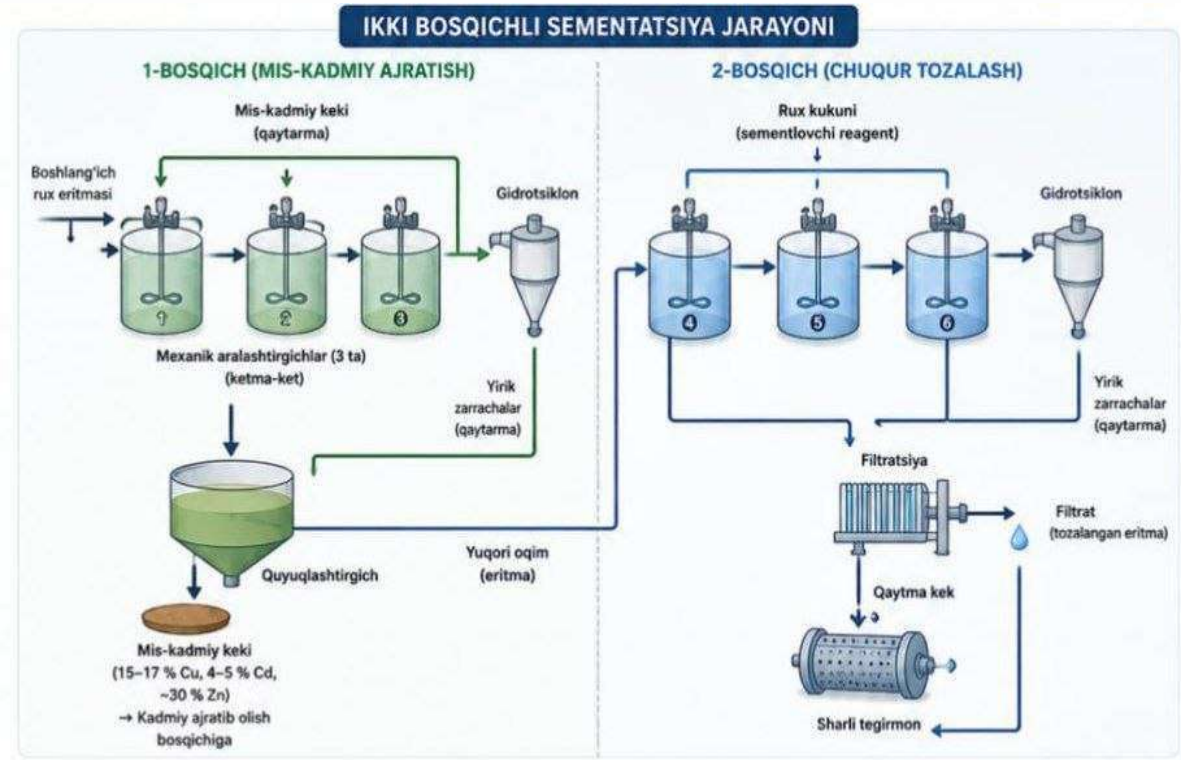
Jarayonda termodinamik omillar bilan bir qatorda kinetik cheklovlar ham muhim ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, diffuzion qatlam qalinligi, eritmadagi

ISSN 3030-3907

ionlarning konsentratsiyasi va gidrodinamik rejim (laminar yoki turbulent oqim) sementatsiya tezligini belgilovchi asosiy parametrlar hisoblanadi. Aralashtirgichlar yordamida hosil qilinadigan turbulent muhit diffuziya qarshiligini kamaytirib, ionlarning reaktiv yuzaga yetib borishini tezlashtiradi. Bu esa reaksiyaning umumiy tezligini oshiradi va metallarning to‘liqroq ajralishini ta’minlaydi.

Bundan tashqari, eritma muhitining pH qiymati va undagi qo‘shimcha ionlarning mavjudligi ham jarayon selektivligiga ta’sir qiladi. Masalan, ayrim holatlarda temir, nikel yoki boshqa qo‘shimcha elementlar sementatsiya jarayoniga raqobatdosh reaksiyalar orqali salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu boisdan texnologik jarayonda eritma tarkibini oldindan optimallashtirish muhim hisoblanadi.

Ikki bosqichli sxemaning afzalliklaridan biri — qarama-qarshi oqim prinsipiga asoslanganligi sababli reagentlardan maksimal darajada foydalanish imkonini berishidir. Bu esa metallarning ajralish darajasini oshiribgina qolmay, balki rux sarfini kamaytiradi va umumiy texnologik samaradorlikni yaxshilaydi. Natijada yuqori tozalangan eritma olinib, keyingi elektroliz bosqichida yuqori sifatli metall olish uchun zarur sharoit yaratiladi.



2-Rasm. Ikki bosqichli rux sementatsiya jarayonining texnologik sxemasi

Ikkinchi bosqich sementatsiya jarayoni uchta ketma-ket ulangan aralashtirgichlarda amalga oshiriladi. Ushbu bosqich gidrometallurgik tizimning eng muhim bo‘g‘inlaridan biri bo‘lib, eritma tarkibida qolgan rangli va yo‘ldosh metall ionlarini maksimal darajada ajratib olishga qaratilgan. Aralashtirgich

ISSN 3030-3907

(agitator) texnologik jihatdan massa almashinuvi va kimyoviy reaksiyalarni tezlashtiruvchi gidrodinamik qurilma bo‘lib, unda impeller aylanishi natijasida eritma ichida intensiv turbulent oqimlar hosil bo‘ladi. Turbulentlik darajasi ortishi diffuziya qatlamining qalinligini kamaytiradi, bu esa ionlarning qattiq faza – rux kukuni yuzasiga yetib borish tezligini oshiradi. Natijada, jarayonning umumiy kinetik tezligi sezilarli darajada ortadi.

Sementatsiya jarayoni elektrokimyoviy qaytarilish jarayoniga asoslangan bo‘lib, bunda rux kukuni aktiv metall sifatida anod vazifasini bajaradi. Eritmadagi metall ionlari esa katod reaksiyasi orqali metall holatiga o‘tadi. Boshqacha aytganda, rux atomlari elektron berib Zn^{2+} ionlariga aylanadi, eritmadagi Cu^{2+}, Cd^{2+}, Co^{2+} va boshqa metall ionlari esa elektron qabul qilib, elementar metall shaklida cho‘kadi. Ushbu jarayon standart elektrod potensiallari farqi hisobiga boradi va termodinamik jihatdan o‘z-o‘zidan kechuvchi redoks reaksiyalar qatoriga kiradi. Sementatsiya jarayonining samaradorligi Nernst tenglamasi bilan ifodalanadigan potensiallar farqi va ion faolligiga bevosita bog‘liqdir.

Ikkinchi bosqichda rux kukuni asosiy sementlovchi reagent sifatida qo‘llaniladi. Rux kukunining optimal sarfi nazariy miqdorning 200–250 % ni tashkil etadi. Bu ortiqcha miqdor bir necha texnologik sabablarga ega. Birinchidan, rux yuzasida oksid va gidroksid plyonkalar hosil bo‘lib, aktiv sirt maydonini kamaytirishi mumkin. Bu hodisa passivlanish deb ataladi. Ortiqcha rux esa doimiy yangi aktiv yuzalar hosil qilib, reaksiyaning uzluksiz davom etishini ta’minlaydi. Ikkinchidan, eritmadagi murakkab kompleks ionlar va noorganik aralashmalar ham qo‘shimcha rux sarfini talab qiladi.

Rux kukunining dispersligi, ya’ni zarracha o‘lchamining kichikligi, sementatsiya jarayonining asosiy kinetik parametrlaridan biridir. Zarrachalar qanchalik mayda bo‘lsa, ularning solishtirma sirt maydoni shunchalik katta bo‘ladi. Bu esa reaksiya yuzasining ortishiga olib keladi. Massa almashinuvi nuqtai nazaridan qaraganda, heterogen reaksiyalar faqat fazalar chegarasida sodir bo‘ladi, shuning uchun sirt maydoni reaksiyaning tezlik konstantasiga bevosita ta’sir qiladi. Bundan tashqari, zarracha o‘lchami Fick diffuziya qonunlariga muvofiq ionlarning transport tezligiga ham ta’sir etadi.

Jarayon davomida pulpa gidrotsiklon orqali klassifikatsiya qilinadi. Gidrotsiklon – markazdan qochma kuch maydonidan foydalanib zarrachalarni o‘lcham va zichlikka ko‘ra ajratadigan gidrodinamik apparatdir. U Stoks qonuniga asoslanib ishlaydi, ya’ni zarrachalarning cho‘kish tezligi ularning diametri, zichligi va muhitning qovushqoqligiga bog‘liq. Gidrotsiklonda yirik va og‘ir zarrachalar tashqi devor bo‘ylab pastga yo‘naltiriladi va qayta aylanish tizimiga yuboriladi. Mayda va yengil zarrachalar esa markaziy oqim bilan yuqoriga ko‘tarilib, keyingi texnologik bosqichga uzatiladi.

ISSN 3030-3907

Bu jarayon yopiq aylanish tizimini (closed circuit system) hosil qiladi. Yopiq tizimning asosiy afzalligi shundaki, u metall yo‘qotilishini minimal darajaga tushiradi, zarrachalarning kontakt vaqtini optimallashtiradi va umumiy jarayon barqarorligini oshiradi. Bundan tashqari, qayta aylanish orqali eritmadagi reagentlarning foydalanish darajasi ham ortadi, bu esa iqtisodiy samaradorlikni oshiradi. Oltinchi aralashtirgichdan chiqqan pulpa filtrlanadi. Filtrlash jarayoni qattiq va suyuq fazalarni g‘ovak to‘siq orqali ajratishga asoslangan bo‘lib, u bosim farqi yoki vakuum kuchi yordamida amalga oshiriladi. Filtr to‘siq qattiq zarrachalarni ushlab qoladi, suyuq faza esa filtrat sifatida o‘tadi. Hosil bo‘lgan filtrat yuqori darajada tozalangan eritma bo‘lib, keyingi elektroliz jarayoni uchun tayyor hisoblanadi.

Filtrlash natijasida olingan qoldiq – kek (solid residue) sharli tegirmonda qayta pulpalanadi. Sharli tegirmon mexanik maydalash apparati bo‘lib, unda po‘lat sharlar yordamida material zarrachalari yana maydalanadi va yuzasi faollashtiriladi. Bu qayta ishlash jarayoni materialning to‘liq utilizatsiyasini ta’minlaydi va yo‘qotishlarni kamaytiradi. Filtrat tarkibi texnologik jihatdan yuqori darajada tozalangan bo‘lib, undagi mis (0,1 mg/l), kadmiy (2,5 mg/l), kobalt (1,5 mg/l) va mishyak (0,1 mg/l) miqdori sanoat elektroliz jarayoni uchun ruxsat etilgan me’yorlarga mos keladi. Bunday past konsentratsiyalar elektroliz jarayonida katod yuzasida toza metall cho‘kishini ta’minlaydi va qo‘shimcha aralashmalarni oldini oladi.

Jarayon samaradorligini oshirish maqsadida qo‘shimcha reagentlar qo‘llaniladi. Xususan, natriy antimonat (Na_3SbO_4) yoki ortosulfoantimonat natriy ($Na_3SbS_4 \cdot 9H_2O$) kobalt ionlarini selektiv ajratish uchun ishlatiladi. Ushbu birikmalar kobalt ionlari bilan kam eruvchan komplekslar yoki cho‘kmalar hosil qilib, ularni eritmadan ajratib chiqaradi. Bu jarayon selektiv cho‘ktirish deb ataladi va u kimyoviy muvozanatni kerakli yo‘nalishga siljitish orqali amalga oshiriladi. Ikki bosqichli sementatsiya jarayonining asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat: yuqori ajralish darajasi (98–99 %), selektivlikning yuqoriligi, uzluksiz ishlash imkoniyati, yopiq aylanish tizimi hisobiga reagent sarfining kamayishi hamda texnologik moslashuvchanlik. Bundan tashqari, jarayon sanoat sharoitida barqaror ishlashi bilan ajralib turadi. Jarayon samaradorligi bir qator omillarga bog‘liq.

Eritma tarkibi eng muhim omillardan biri bo‘lib, undagi metall ionlari konsentratsiyasi va aralashmalar tabiati reaksiyaning kinetik tezligiga ta’sir qiladi. Rux kukunining sifati, ya’ni uning tozaligi va disperslik darajasi ham muhim rol o‘ynaydi. Gidrodinamik sharoitlar – aralashtirish tezligi, oqim rejimi va turbulensiya darajasi massa almashinuvi intensivligini belgilaydi. Harorat

ISSN 3030-3907

oshishi reaksiyaning tezligini Arrenius qonuniga muvofiq oshiradi, pH muhiti esa ionlarning barqarorligi va cho‘kish xususiyatlariga ta’sir qiladi.

Umuman olganda, ikkinchi bosqich sementatsiya jarayoni murakkab fizik-kimyoviy tizim bo‘lib, u elektrokimyoviy, gidrodinamik va diffuziya jarayonlarining o‘zaro bog‘liqligiga asoslanadi. Ushbu bosqichning to‘g‘ri tashkil etilishi butun gidrome

XULOSA.

Xulosa qilib aytganda, ikki bosqichli sementatsiya texnologiyasi rux eritmalaridan rangli, nodir va noyob metallarni kompleks ajratib olish jarayonida yuqori samaradorlikka ega bo‘lgan zamonaviy gidrometallurgik usullardan biri sifatida alohida ahamiyat kasb etadi. Ushbu texnologiyaning asosiy afzalligi shundaki, u eritma tarkibidagi bir nechta metall ionlarini ketma-ket va selektiv ravishda ajratib olish imkonini beradi, bu esa yakuniy mahsulotning tozaligi va iqtisodiy qiymatini sezilarli darajada oshiradi. Tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, ikki bosqichli sementatsiya jarayonida qaytaruvchi sifatida qo‘llaniladigan rux kukuni yordamida eritmadagi mis, kadmiy, kobalt kabi metall ionlari ularning standart elektrod potensiallari farqiga asoslangan holda ketma-ket cho‘ktiriladi. Birinchi bosqichda asosan yuqori elektrokimyoviy faollikka ega bo‘lgan ionlar ajratib olinadi, ikkinchi bosqichda esa eritmada qolgan nisbatan barqaror metall ionlarining to‘liqroq tiklanishi ta’minlanadi. Bu esa sanoat miqyosida yuqori unumdorlikka erishish imkonini beradi.

Ekologik nuqtayi nazardan qaraganda, ikki bosqichli sementatsiya texnologiyasi atrof-muhitga salbiy ta’sirni kamaytirishda ham muhim rol o‘ynaydi. An’anaviy gidrometallurgik jarayonlarda uchraydigan zaharli metall ionlarining oqova suvlar tarkibida qolib ketishi ushbu texnologiya yordamida sezilarli darajada kamaytiriladi. Natijada sanoat chiqindilarining toksikligi pasayadi va ekologik xavfsizlik darajasi oshadi. Iqtisodiy jihatdan esa, mazkur texnologiya qo‘shimcha qiymat yaratish imkoniyatini kengaytiradi. Rux eritmalaridan bir vaqtning o‘zida bir nechta qimmatbaho metallarni ajratib olish ishlab chiqarish rentabelligini oshiradi hamda xomashyo resurslaridan kompleks foydalanish tamoyilini amalga oshiradi. Bu esa metallurgiya sanoatida resurs tejamk

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Баймаков Ю.В., Журин А.И. Электролиз в гидрометаллургии. М.: Металлур- гия, 1977. 336 с.
2. Ванюков А.В., Зайцев В.Я. Теория пирометаллургических процессов. М.: Ме- таллургия, 1973. 504 с.
3. Валиев Х.Х., Романтеев Ю.П. Металлургия свинца, цинка и сопутствующих металлов. Алма-Ата: КазНТУ, 2000. 438 с.

ISSN 3030-3907

4. Гордон Г.М., Пейсахов И.Л. Пылеулавливание и очистка газов. М.: Металлур- гия, 1968. 499 с.
5. Гудима Н.В., Шейн Я.П. Краткий справочник по металлургии цветных ме- таллов. М.: Металлургия, 1975. 535 с.
6. https://www.britannica.com/science/cadmium (Kadmiy elementi haqida umumiy ilmiy ma’lumot)
7. https://www.webelements.com/cadmium/ (Kadmiy fizik-kimyoviy xossalari va tuzilishi)
8. https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/element/Cadmium (NIH PubChem – kadmiy haqida kimyoviy ma’lumotlar bazasi)

ISSN 3030-3907