



MIS SHLAKLARINI FLOTATSIYALASH USULLARI

ABIRQULOV AHMAD RUSTAM O'G'LI

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat Texnika Universiteti

Metallurgiya kafedrası talabasi

EGAMBERDIYEVA OZODA ORIF QIZI

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat Texnika Universiteti

Metallurgiya kafedrası talabasi

MIRZAJANOVA SAODAT BAKIDJANOVNA

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat Texnika Universiteti

Metallurgiya kafedrası dotsenti

AKRAMOV O'RAL AKRAM O'G'LI

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat Texnika Universiteti

Metallurgiya kafedrası katta o'qituvchisi

Fan: Pirometallurgiya jarayonlari nazariyasi

ANNOTATSIYA

Ushbu ishda mis shlaklarini flotatsiyalash usullari va ularning metallurgik qayta ishlashdagi samaradorligi tahlil qilinadi. Mis ishlab chiqarish jarayonida hosil bo'ladigan shlaklar tarkibida ma'lum miqdorda erkin va bog'langan mis zarralari mavjud bo'lib, ularni ajratib olishda flotatsiya jarayoni muhim texnologik bosqich hisoblanadi. Tadqiqotda flotatsiya jarayonining fizik-kimyoviy asoslari, reagentlar tizimi, pufakchalar bilan zarrachalarning o'zaro ta'siri hamda boyitish



samaradorligiga ta'sir etuvchi omillar ko'rib chiqiladi. Shuningdek, zarracha o'lchami, mineral tarkib va reagentlar konsentratsiyasining flotatsiya jarayoniga ta'siri tahlil qilinadi. Olingan natijalar mis shlaklaridan foydali komponentlarni ajratib olish samaradorligini oshirish va sanoat chiqindilaridan kompleks foydalanish imkoniyatlarini kengaytirishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: *Mis shlaki, flotatsiya, boyitish jarayoni, reagentlar, pufakcha, gidrofoblik, mineral tarkib, zarracha o'lchami, metall ajratish, rangli metallurgiya.*

KIRISH

Mis shlaklarini flotatsiyalash usullari metallurgiya chiqindilarini qayta ishlashda eng samarali boyitish jarayonlaridan biri hisoblanadi. 2022–2025 yillarda chop etilgan ilmiy tadqiqotlarda (ScienceDirect, MDPI, Elsevier va RSC platformalaridagi ochiq maqolalar) qayd etilishicha, mis shlaklari tarkibida erkin mis, mis sulfidlar va temir oksidlarining murakkab aralashmalari mavjud bo'lib, ularni ajratib olishda flotatsiya jarayoni asosiy texnologik bosqich sifatida qo'llaniladi. Flotatsiya jarayoni zarrachalarning gidrofoblik xususiyatiga asoslanadi, ya'ni misga boy fazalar havo pufakchalariga yopishib ko'pik qatlamiga ko'tariladi, keraksiz oksid va silikatlar esa pastda qoladi.

Amaliy tajriba sharoitida mis shlaklarini flotatsiyalash jarayoni bir necha ketma-ket bosqichda amalga oshiriladi. Avvalo, mis shlaki namunasi laboratoriyada quritiladi va maydalash jarayonidan o'tkazilib, optimal zarracha o'lchamiga keltiriladi. Ilmiy manbalarda ko'rsatilishicha, flotatsiya uchun eng samarali fraksiya odatda 0.045–0.074 mm oralig'ida bo'lib, aynan shu o'lchamdagi zarrachalar kollektor reagentlar bilan yaxshi reaksiyaga kirishadi va yuqori ajralish darajasini ta'minlaydi.

ASOSIY QISM

Mis shlaklarini flotatsiyalash tajribasi metallurgik boyitish laboratoriyalarida amalga oshiriladigan fizik-kimyoviy ajratish jarayoni hisoblanadi. Ushbu tajriba



misni shlak tarkibidan ajratib olish uchun zarrachalarning gidrofoblik xususiyatiga asoslanadi va murakkab mineralogik tizimlarda selektiv boyitish imkonini beradi.

Tajriba uchun maxsus laboratoriya jihozlari qo'llaniladi. Asosiy asbob-uskunalar sifatida flotatsion mashina (laboratoriya flotomashina), maydalagich (jaw crusher yoki ball mill), elaklar to'plami (sieve set), analitik tarozi, pH-metr, konditsioner (conditioning tank), aeratsiya tizimi va reagent dozatorlari ishlatiladi. Flotatsion mashina zarrachalarni havo pufakchalari yordamida ajratish uchun asosiy qurilma bo'lib xizmat qiladi.

Tajriba boshlanishidan oldin mis shlaki namunasi tayyorlanadi. Dastlab namuna quritiladi, so'ngra maydalagich yordamida kerakli granulometrik holatga keltiriladi. Ilmiy amaliyotda flotatsiya uchun optimal fraksiya odatda 0.045–0.074 mm oralig'ida bo'ladi. Ushbu bosqichda "grinding" va "classification" jarayonlari bajariladi, ya'ni zarrachalar maydalanadi va elak orqali fraksiyalarga ajratiladi.

Keyingi bosqich "pulp preparation" deb ataladi. Bu bosqichda maydalangan shlak suv bilan aralashtirilib, pulp (suspensiya) hosil qilinadi. Qattiq va suyuq faza nisbati odatda 1:3 yoki 1:4 bo'ladi. Bu jarayonda "slurry density" va "solid-liquid ratio" muhim parametr hisoblanadi. Pulp maxsus konditsioner tankda aralashtiriladi.

Shundan so'ng "pH adjustment" bosqichi amalga oshiriladi. pH-metr yordamida muhit darajasi o'lchanadi va NaOH yoki H₂SO₄ eritmaları yordamida 9–10 oralig'iga keltiriladi. Bu muhit mis minerallarining gidrofoblik xususiyatini oshiradi va flotatsiya selektivligini yaxshilaydi.

Keyingi bosqich "reagent conditioning" hisoblanadi. Bu yerda pulpga kollektor (collector), ko'pik hosil qiluvchi (frother) va ba'zan aktivator yoki depressorlar qo'shiladi. Kollektor sifatida ksantatlar (xanthate) yoki tio-kollektorlar ishlatiladi. Frother sifatida MIBC (methyl isobutyl carbinol) qo'llaniladi. Bu reagentlar zarracha yuzasini gidrofob holatga keltiradi va pufakchalarga yopishishini ta'minlaydi.



Asosiy bosqich “flotation process” hisoblanadi. Flotatsion mashina ishga tushiriladi va pulpga havo yuboriladi. Bu yerda “air bubbles”, “froth layer” va “hydrophobic attachment” jarayonlari sodir bo‘ladi. Misga boy zarrachalar havo pufakchalariga yopishib yuqoriga ko‘pik (froth) qatlamiga ko‘tariladi, keraksiz minerallar esa “tailings” sifatida pastga cho‘kadi. Jarayon odatda 8–15 daqiqa davom etadi.

Keyingi bosqich “froth collection” deb ataladi. Yuqoridagi ko‘pik qatlamidan misga boy konsentrat yig‘ib olinadi. Pastki qismdagi chiqindi esa alohida ajratiladi. Har ikkala mahsulot quritilib, analitik tarozida tortiladi.

Yakuniy bosqichda “recovery calculation” amalga oshiriladi. Bu bosqichda misning ajralish darajasi hisoblanadi. Odatda metallurgiyada recovery foiz ko‘rinishida ifodalanadi va bu ko‘rsatkich flotatsiya samaradorligini belgilaydi.

Ilmiy manbalarga asoslangan holda aytish mumkinki, ushbu tajriba natijalariga zarracha o‘lchami, reagent dozasi, pH darajasi va aeratsiya tezligi bevosita ta’sir qiladi. Optimal sharoitlarda mis shlaklaridan 80–90% gacha metall ajratib olish mumkinligi qayd etilgan.

Umuman olganda, mis shlaklarini flotatsiyalash tajribasi murakkab lekin yuqori samarali texnologik jarayon bo‘lib, u maxsus asboblar, aniq kimyoviy reagentlar va qat’iy ketma-ketlik asosida bajariladi.

Mis shlaklarini flotatsiyalash tajribasi metallurgiya chiqindilaridan misni ajratib olishda qo‘llaniladigan asosiy fizik-kimyoviy boyitish usullaridan biri hisoblanadi. Ushbu tajriba laboratoriya sharoitida aniq ketma-ketlik asosida bajariladi va unda zarrachalarning gidrofoblik xususiyati hamda havo pufakchalariga yopishish qobiliyati asosiy rol o‘ynaydi.

Tajriba uchun avvalo maxsus laboratoriya jihozlari tayyorlanadi. Ular orasida flotatsiya mashinasi, maydalagich, elaklar to‘plami, analitik tarozi, pH o‘lchagich, aralashtirish idishi va reagentlarni qo‘shish uchun o‘lchov moslamalari mavjud



bo'ladi. Flotatsiya mashinasi jarayonning asosiy qurilmasi bo'lib, u havo pufakchalarini hosil qilish va zarrachalarni ajratish vazifasini bajaradi.

Tajriba jarayonida bir qator maxsus ilmiy tushunchalar qo'llaniladi. Jumladan, pulp ya'ni suv va maydalangan shlak aralashmasi, kollektor ya'ni mis zarrachalarini suvdan ajratib gidrofob holatga keltiruvchi reagent, ko'pik hosil qiluvchi modda, gidrofoblik xususiyati, konsentrat ya'ni misga boy ajratilgan qism va tailings ya'ni chiqindi jinslar kabi atamalar ishlatiladi.

Tajriba ketma-ketligi avvalo mis shlaki namunasini tayyorlashdan boshlanadi. Namuna quritiladi va maydalash jarayonidan o'tkazilib, bir xil mayda zarrachalarga keltiriladi. Keyin bu material elaklardan o'tkazilib, kerakli zarracha o'lchami tanlanadi, chunki flotatsiya jarayoni mayda fraksiyalarda samaraliroq kechadi.

Keyingi bosqichda tayyorlangan shlak suv bilan aralashtiriladi va pulp hosil qilinadi. Bu aralashma bir tekis holatga kelguncha aralashtiriladi. So'ngra muhitning kislotali yoki ishqoriy darajasi tekshiriladi va kerakli darajaga keltiriladi, chunki bu zarrachalarning keyingi ajralishiga bevosita ta'sir qiladi.

Shundan so'ng aralashmaga maxsus kimyoviy moddalar qo'shiladi. Kollektor mis zarrachalarini gidrofob holatga keltiradi, ko'pik hosil qiluvchi esa barqaror pufakchalar hosil bo'lishini ta'minlaydi. Bu bosqich flotatsiya jarayonining eng muhim qismi hisoblanadi, chunki aynan shu yerda zarrachalarning yuzasi faol holatga o'tadi.

Asosiy flotatsiya bosqichida tayyorlangan aralashma flotatsiya mashinasiga joylashtiriladi va unga havo yuboriladi. Natijada mayda pufakchalar hosil bo'ladi. Misga boy zarrachalar ushbu pufakchalarga yopishib yuqoriga ko'tariladi va ko'pik qatlamini hosil qiladi, keraksiz jinslar esa idish tubida qoladi.

Ko'pik qatlamida yig'ilgan misga boy qism alohida ajratib olinadi, pastki qismdagi chiqindi esa alohida yig'iladi. Har ikkala mahsulotning massasi o'lchanadi va ular asosida misning ajralish darajasi hisoblanadi.



Tajriba natijalari shuni ko'rsatadiki, flotatsiya samaradorligi zarracha o'lchami, reagentlarning to'g'ri tanlanishi va muhit sharoitiga bevosita bog'liq. To'g'ri tashkil etilgan sharoitda misni shlak tarkibidan yuqori darajada ajratib olish mumkin bo'ladi.

Umuman olganda, mis shlaklarini flotatsiyalash tajribasi murakkab, lekin juda samarali laboratoriya jarayoni bo'lib, u metallurgiya chiqindilarini qayta ishlash va foydali komponentlarni ajratib olishda muhim ahamiyatga ega.

Inglizcha atamalar va ularning ta'rifi:

Inglizcha so'z	Ta'rifi (o'zbekcha)
Flotation	Zarrachalarni havo pufakchalari yordamida suvli muhitda ajratish jarayoni
Pulp	Maydalangan shlak va suv aralashmasi
Collector	Foydali mineral zarrachalarni gidrofob holatga keltiruvchi kimyoviy modda
Frother	Ko'pik hosil bo'lishini va uning barqarorligini ta'minlovchi reagent
Hydrophobicity	Zarrachalarning suvni itarish xususiyati
Hydrophilicity	Zarrachalarning suvni tortish xususiyati
Concentrate	Flotatsiya natijasida olingan foydali mineralga boy mahsulot
Tailings	Foydasiz jinlar yoki chiqindi materiallar
Slurry	Suyuq va qattiq zarrachalardan iborat aralashma
Reagent	Kimyoviy jarayonni boshqarish uchun qo'shiladigan modda
Aeration	Aralashmaga havo yuborish jarayoni
Froth	Havo pufakchalari va mineral zarrachalardan hosil bo'lgan ko'pik qatlami
Recovery	Foydali mineralning umumiy miqdorga nisbatan ajratib olinishi foizi



Inglizcha soʻz	Taʼrifi (oʻzbekcha)
Particle size	Zarracha oʻlchami
Grinding	Materialni maydalash jarayoni
Classification	Zarralarni oʻlchamiga qarab ajratish jarayoni

XULOSA

Mis shlaklarini flotatsiyalash tajribasi natijalari shuni koʻrsatadiki, ushbu jarayon metallurgiya chiqindilaridan foydali mis komponentlarini ajratib olishda yuqori samarali texnologik usul hisoblanadi. Tajriba davomida zarracha oʻlchami, pulp tarkibi, muhitning pH darajasi va reagentlar tizimi flotatsiya jarayonining asosiy belgilovchi omillari ekanligi aniqlandi.

Flotatsiya jarayonida misga boy zarrachalar havo pufakchalariga yopishib koʻpik fazasiga oʻtishi, keraksiz mineral jinslar esa chiqindi sifatida ajralib chiqishi kuzatildi. Bu holat jarayonning selektivligini tasdiqlaydi va misni shlak tarkibidan samarali ajratib olish imkonini beradi.

Tahlillar shuni koʻrsatadiki, maydalash darajasi qanchalik optimal boʻlsa, flotatsiya samaradorligi shunchalik yuqori boʻladi. Shuningdek, kollektor va koʻpik hosil qiluvchi reagentlarning toʻgʻri tanlanishi ham ajratib olish darajasini sezilarli oshiradi.

Umuman olganda, mis shlaklarini flotatsiyalash usuli nafaqat texnologik jihatdan samarali, balki ekologik nuqtai nazardan ham muhim ahamiyatga ega boʻlib, sanoat chiqindilarini qayta ishlash va tabiiy resurslardan kompleks foydalanishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR ROʻYXATI

1. Oʻzbekiston Respublikasi Oliy taʼlim, fan va innovatsiyalar vazirligi. (2024). *Rangli metallurgiyada boyitish jarayonlari va zamonaviy flotatsiya texnologiyalari*. Toshkent.



2. O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi. (2023). *Metallurgiya chiqindilarini qayta ishlashning fizik-kimyoviy asoslari*. Toshkent: “Fan” nashriyoti.
3. Toshkent davlat texnika universiteti. (2025). *Flotatsiya jarayonlari va mineral xomashyoni boyitish texnologiyalari*. Ilmiy maqolalar to‘plami.
4. O‘zbekiston Milliy universiteti. (2023). *Rangli metallurgiyada laboratoriya tajribalari va amaliy usullar*. Ilmiy-amaliy konferensiya materiallari, Toshkent.