



ZAMONAVIY RUX ISHLAB CHIQRARISH JARAYONLARIDA NOYOB METALLARNI AJRATIB OLISHNING ILMIIY ASOSLARI

Toshqodirova R.E. ¹[0000-0002-8295-3483], **Abduraxmonov S.A.** ²[0009-0003-1999-0366]

¹*Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti Olmaliq filiali, Metallurgiya kafedrasida dotsenti, E_mail: zumrad291014@mail.ru*

²*Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti Olmaliq filiali, t.f.d., professor*

Annotatsiya. Ushbu maqolada rux ishlab chiqarish texnologiyasida hosil bo'ladigan chiqindilar va yarim mahsulotlar tarkibidagi noyob metallar – kadmiy, indiy, gallyiy, germaniy va skandiy ajratib olish imkoniyatlari tadqiq qilindi. Zamonaviy gidrometallurgik, sorbsion va pirometallurgik usullar orqali bu metallarni samarali ajratib olish texnologik sxemalari ko'rib chiqildi. Tadqiqot natijalari sanoat chiqindilarini qayta ishlash orqali iqtisodiy foyda olish bilan birga atrof-muhitni muhofaza qilishga xizmat qilishini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: rux ishlab chiqarish, noyob metallar, kadmiy, indiy, gallyiy, germaniy, skandiy, gidrometallurgiya, chiqindilarni qayta ishlash.

Annotation. This article investigates the possibilities of extracting rare metals – cadmium, indium, gallium, germanium, and scandium – from wastes and intermediate products generated during zinc production. The study reviews the application of modern hydrometallurgical, sorption, and pyrometallurgical methods for the efficient recovery of these elements. The findings demonstrate that recycling industrial waste not only yields economic benefits but also contributes to environmental protection.

Keywords: zinc production, rare metals, cadmium, indium, gallium, germanium, scandium, hydrometallurgy, waste recycling

Аннотация. В данной статье исследованы возможности извлечения редких металлов - кадмия, индия, галлия, германия и скандия из отходов и полупродуктов, образующихся в технологии производства цинка. Рассмотрены технологические схемы эффективного извлечения этих металлов современными гидрометаллургическими, сорбционными и пирометаллургическими методами. Результаты исследования показали, что переработка промышленных отходов не только приносит экономическую выгоду, но и служит защите окружающей среды.

Ключевые слова: производство цинка, редких металлов, кадмия, индия, галлия, германия, скандия, гидрометаллургии, переработка отходов.

Kirish

Zamonaviy sanoatning turli tarmoqlarida rux (Zn) metallining ahamiyati yildan-yilga ortib bormoqda. Rux korroziyaga qarshi qoplamalar tayyorlash, qotishmalar ishlab chiqarish, galvanik elementlar, shuningdek, farmatsevtika va kimyo sanoatida keng qo'llaniladi. Ruxni ishlab chiqarish asosan sfalerit (ZnS) konlaridan olinadigan rudalarni boyitish va qayta ishlashga asoslanadi. Bu jarayonlar natijasida nafaqat rux, balki bir qator boshqa qimmatbaho va strategik ahamiyatga ega bo'lgan elementlar ham ajralib chiqadi.

Rux ishlab chiqarish texnologiyasi, ayniqsa, gidrometallurgik usuli yuqori selektivlik, energiya samaradorligi va ekologik xavfsizlik kabi afzalliklari bilan ajralib turadi. Shu bilan birga, ushbu texnologik zanjirda indiy (In), kadmiy (Cd), gallyiy (Ga), germaniy (Ge) va skandiy (Sc) kabi noyob metallarni ajratib olish imkoniyati mavjud bo'lib, bu metallarning global bozordagi talabi yuqori va qo'llanilishi cheklangan kon resurslari bilan bog'liq.

Rux ishlab chiqarish jarayonlarida hozirgi kunda indiy, kadmiy va germaniy elementlarini ajratib olish yo'lga qoyilgan. Qiziqarli tomoni shundaki mazkur metallarning ayrimlari konsentratning dastlabki tahlilida ko'rinmay, tanlab eritishning ayrim bosqichlarida ko'rinishi kamyob metallarni miqdorinig kamligi va ayrim metallarning tarkibida kelishi bilan tushuniladi. Shu sababli rux ishlab chiqarish jarayonidagi oraliq mahsulotlar kiydirish



jarayoni changlari, tanlab eritish keklarini chiqir o'rganish va qayta ishlash orqali kamyob metallarni ajratib olish, ishlab chiqarish samaradorligini oshirib, xom ashyoni kompleks qayta ishlash orqali qo'shimcha turdagi metall ko'rinishidagi mahsulotlarni olish bugungi kundagi dolzarb va qiziqarli yo'nalishlardan biriga aylanmoqda.

Mazkur maqolada mualliflar tomonidan ushbu yo'nalishda amalga oshirilgan dastlabki qadamlar va natijalar keltirilgan bo'lib, tadqiqotning asosiy maqsadi rux ishlab chiqarish oraliq mahsulotlaridan kamyob metallarni ajratib olishni ilmiy yo'llarini tahlil qilish va optima usulnilarini topishdan iborat.

Natijalar va muhokamalar

O'tkazilgan tadqiqotlar rux ishlab chiqarish texnologik zanjiri davomida turli bosqichlarda ajralib chiqadigan chiqindilar va yarim mahsulotlar tarkibida iqtisodiy ahamiyatga ega noyob metallar mavjudligini tasdiqladi. Tahlillar D/MAX-2200 («Rigaku», Yaponiya) analizatorida amalga oshirildi. Tahlil natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Rux ishlab chiqarish xom ashyosi va yarim mahsulotlari tarkibidagi kamyob metallar miqdori

T/r	Mahsulot nomi	Cd	Ti	Mo	Ga	Te	Se	Ir	Sc
1	Konsentrat aralashmasi	0,335	0,0903	0,0383	0,0658	0,0145	*	0,123	*
2	Kuyindi	0,306	(0,0244)	0,0454	0,0863	0,0182	*	0,135	*
3	Chang	0,751	0,0693	0,0549	0,0834	0,0183	0,0104	0,167	0,0104

Tahlil natijalariga ko'ra rux ishlab chiqarish xom ashyosi va yarim mahsulotlari tarkibida ayrim noyob metallar dastlabki tahlillarda aniqlansa, ayrimlari, masalan skandiy va selen kabilari, kuydirish jarayonidan chiqqan chang tarkibida aniqlangan bo'lib, bu ularning kimyoviy xususiyatlari, ya'ni uchuvchanligini tasdiqlaydi. Germaniy elementi esa dastlabki tahlillarda umuman aniqlanmasdan, tanlab eritish jarayonlari davomida tahlillarda ko'rinadi. Dastlab esa molibden tarkibida bo'lgan deb tahmin qilamiz. Tahlil natijalaridan ko'rinib turibdiki kamyob metallarni aniqlash ancha muammoli masala bo'lib, asosan qaysi jarayonda ularni aniqlash imkoni mavjudligini bilish ko'p vaqt va mehnat talab qiladi.

Kadmiy tabiatda keng tarqalgan, ammo miqdori kam 1,1.10-3% ga yaqin. Sanoat miqiyosida ishlab chiqarish uchun mustaqil konlari mavjud emas, og'ir rangli metallar (jumladan rux) rudalarida yo'ldosh sifatida uchraydi.

Kadmiy ruxni gidrometallurgik usulda ishlab chiqarishda Cu-Cd keklari tarkibidan olinadi. Bu texnologiyada kadmiy olish jarayoni quyidagi ketma ketlikda amalga oshiriladi:

- 1) metallik kadmiy oksidlash va engil eriydigan holatga o'tkazish;
- 2) kadmiy sulfat kislota eritmasi bilan tanlab eritish;
- 3) kadmiy sulfat eritmasini qo'shimchalardan tozalash va kadmiy gubkasini cho'ktirish;
- 4) kadmiy gubkasini oksidlash, sulfat kislotasida tanlab eritish va eritmani tozalash;
- 5) kadmiyni elektrolitik cho'ktirish va sementatsiya;
- 6) kadmiy qayta eritish va rafinirlash [1,2]

Indiy rux ishlab chiqarish chiqindilari va oraliq mahsulotlaridan olinadi. Bu xom ashyo tarkibida 0,001% dan 0,1% gacha indiy bo'ladi. Dastlab rux tanlab eritish keklarini vels pechda qayta ishlash natijasida hosil bo'lgan gazli uchirmalar tanlab eritishga yuboriladi va eritmaga o'tkaziladi. Hosil bo'lgan eritma tarkibiga indiy o'tadi va maxsus ekstaksiya



jarayonidan o'tkaziladi. Reekstraksiya natijasida indiy tarkibli reekstrakt olinadi va u qo'shimchalardan tozalanib indiyli gubka olinadi [3].

Galliy qo'rg'oshin-rux polimetall rudalari odatda misga nisbatan galliyga boyroq bo'ladi. Galliyning rux bilan bog'lanishi ularning sulfidlarining izomorfligi bilan bog'liq.

Sulfidli polimetall rudalarda ruxning miqdori odatda 3% dan oshmaydi, ammo selektiv flotatsion boyitishdan so'ng uning miqdori 50% va undan ko'proqqa yetadi. Sulfat kislotasi eritmasidan galliyning rux oksidi bilan ajratib olish, bu eritmani aralashmalardan tozalash imkonini beradi. Keyinchalik ishqor eritmasi bilan ishlov berilganda galliy, germaniy, rux, alyuminiy eritmaga o'tadi, temir, mis va indiy gidroksidlari esa cho'kmada qoladi. So'ngra ishqor eritmasini kislotali muhitga o'tkazish orqali gidrooksidlarni qayta cho'ktirish va filtrlangan cho'kmani natriy gidroksid bilan eritish amalga oshiriladi. Eritmadan galliyning ajratib olish uchun sorbsiya yoki ekstraksiya usullari qo'llaniladi [4].

Germaniy asosan rux rudalari, nikel-wolframli rudalar, silikatlar, ko'mir tarkibida uchraydi. Rux ishlab chiqarishda germaniy ko'p bosqichli murakkab jarayonlardan so'ng germaniy oksidi holida ajratib olinadi va vodorod bilan 600 °C da tiklanadi. Yanada toza metall olish uchun zonali eritishni qo'llash mumkin [5].

Scandiy tarqoq noyob element bo'lganligi sababli konlari deyarli mavjud emas. Uning konsentratsiyasi tonnasiga o'n, kam hollarda yuz grammni tashkil qiladi. Asosiy ajratib olinishi mumkin bo'lgan holati turli kislotalar bilan tanlab eritish eritmalardan ekstraksiyalash usuli hisoblanadi. Buning uchun maxsus ekstragentlardan foydalaniladi. Scandiy ajratib olishning samarali texnologiyasini ishlab chiqish orqali katta hajmda oksid, fluorid, metall holidagi scandiy olish imkonini beradi.

Yuqoriga keltirib o'tilgan metallar olish texnologiyasini tadqiq qilish orqali quyidagilarga alohida e'tibor qaratish lozim: indiy, galliy, germaniy, scandiy elementlarining hammasi asosan ruda holida emas yo'ldosh element holida, turli xil metallurgik jarayonlarda yuzalari oshilgandan keyin namoyon bo'ladi. O'zbekistonda rux zavodida kadmiy ajratib olish hozirgi kunda yo'lga qo'yilgan, Indiy va germaniyning ishlab chiqarish tadqiqotlari yakunlanish arafasida. Galliy va scandiy metallari esa hali ishlab chiqarishda chuqur o'rganilmagan, ammo ularni ajratib olish imkonini mavjud [6].

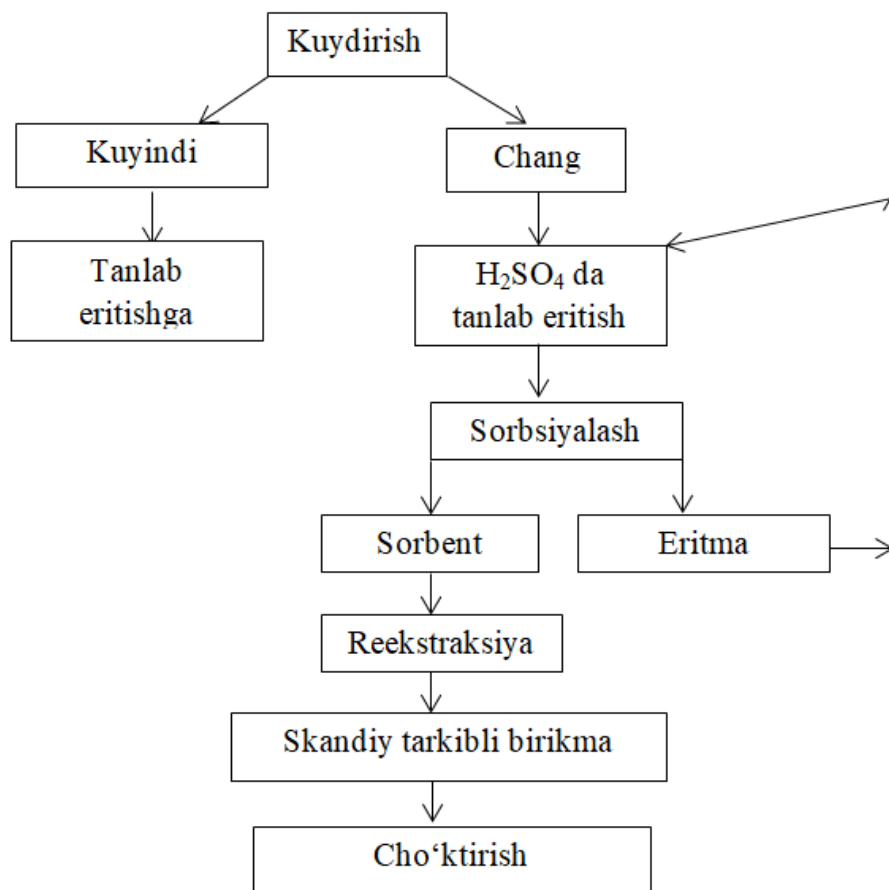
Xulosa

Ushbu tadqiqotda rux ishlab chiqarish jarayonida hosil bo'ladigan chiqindilar va yarim mahsulotlar tarkibida iqtisodiy va texnologik ahamiyatga ega noyob metallar — kadmiy, indiy, galliy, germaniy va skandiy mavjudligi tahlil qilindi. Tahlillar shuni ko'rsatdiki, zamonaviy gidrometallurgik, sorbsion va pirometallurgik texnologiyalar yordamida ushbu metallarni ajratib olish mumkin.

Rux ishlab chiqarishda kuydirishdan hosil bo'lgan chang tarkibidan skandiyning ajratib olish bo'yicha 1-rasmda keltirilgan texnologik sxema tavsiya qilinadi.

Taklif qilinayotgan texnologik sxema asosida rux tarkibli xomashyoni qayta ishlash bilan birga skandiy metalini ham ajratib olish imkoniyati paydo bo'ladi.

Ishlab chiqarish chiqindilarining kompleks tahlilini tashkil etish – Har bir texnologik bosqichda hosil bo'ladigan yarim mahsulot va chiqindilarning mineralogik va kimyoviy tarkibini chuqur o'rganish taklif etiladi. Bu maqsadli elementlar konsentratsiyasini aniqlashda muhim.



1-rasm. Scandiy ajratib olishning texnologik sxemasi

Pilot o'lchamdagi texnologik sinovlarni o'tkazish – Rux ishlab chiqarish chiqindilaridan noyob metallarni ajratish texnologiyalarini ishlab chiqish uchun sanoat-pilot qurilmalar asosida tajribaviy sinovlar o'tkazilishi zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

- [1.] Глинка Н.Л. Metallurgiya tsinka // M.: Metallurgiya, 1980. — 256 s.
- [2.] Романтеев Ю.П., Быстров В.П. Metallurgiya tyazhelykh tsvetnykh metallov. Svinec, cink, kadmий // МИСиС, 2010. – 574 s.
- [3.] Каршибоев Ш.Б., Хасанов А.С., Каюмов О.А. Реэкстракция жараёнидан сунг хосил булган эритмадан индийни цементация усулида ажратиб олиш тадқиқоти // ORIENSS. 2022. №11.
- [4.] Яценко С.П., Пасечник Л.А., Скачков В.М., Рубинштейн Г.М. Галлий: технологии получения и применения жидких сплавов // Москва, 2020. – 344 с.
- [5.] <https://auremo.org/reference/proizvodstvo-metalla-germaniy.html>.
- [6.] Шаталов В.В., Никонов В.И., Соловьева Л.Г., Паршин А.П. Производство соединений скандия при комплексной переработке различных руд // Всероссийский научно-исследовательский институт химической технологии. Юбилейный сборник трудов. Москва, ЦНИИатоминформ 2001.- стр.307-311.