



“OLMALIQ KMK” AJ RUX ISHLAB CHIQUARISH ZAVODI SHAROITIDA RUX KEKLARINI GIDROMETALLURGIK QAYTA ISHLASH IMKONIYATLARINI TAHLIL QILISH

Xoliqulov Doniyor Baxtiyorovich – t.f.d.(DSc), Toshkent davlat texnika universiteti Olmaliq filiali ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo'yicha direktor o'rinbosari, **Xaydaraliev Xolbay Rustam o'g'li** - Toshkent davlat texnika universiteti Olmaliq filiali “Metallurgiya” kafedrasida assistenti, **Qarshiyev Humoyun Komilovich** - Toshkent davlat texnika universiteti Olmaliq filiali “Metallurgiya” kafedrasida assistenti.

Annotatsiya. Hozirgi kunda "Olmaliq KMK" AJ Rux zavodida ishlab chiqarilayotgan rux keki pirometallurgiya usuli bilan vels pechida velslash jarayoni orqali qayta ishlanadi. Bu usulning kamchiliklari sifatida jarayonda katta miqdorda tannarxi yuqori bo'lgan koksning ishlalishi, klinker bilan oltin, kumush, mis, qo'rg'oshin va boshqa metallarning yo'qolishi, uchirmalarni ushlab olishning murakkabligi, olingan mahsulot tarkibida zararli qo'shimchalar: xlor, fluor, uglerod miqdorini kamaytirish uchun qo'shimcha jarayonning qo'llanilishi, shuningdek, atrof muhitga katta miqdordagi chiqindi gazlarni chiqarib atmosferani ifloslantirishini ko'rishimiz mumkin. Maqolada rux keklarini turli xil gidrometallurgik usullarda qayta ishlash texnologiyalari o'rganildi. Mavjud texnologiyalarni o'zaro tahlilidan so'ng, xulosa o'rnida biz "Olmaliq KMK" AJ ga qarashli rux zavodi uchun to'g'ri keladigan usulni taklif qildik.

Kalit so'zlar: rux keki, rux silikati, rux ferriti, velslash, pirometallurgiya, gidrometallurgiya, getit, yarozit, gematit, avtoklav, elektrolit.

Аннотация. В настоящее время цинковый кек, производимый на цинковом заводе АО «Алмалыкский ГМК», перерабатывается пирометаллургическим способом. На этом заводе цинковый кек перерабатывается вельцеванием в вельцепечи. К недостаткам данного метода мы можем увидеть использование в процессе большого количества кокса, потери золота, серебра, меди, свинца и других металлов с клинкером, сложность улавливания возгонов, применение дополнительного процесса для уменьшения количества вредных добавок в продукте: хлора, фтора, углерода, а также загрязнение атмосферы с выбросом в большом количестве отходящих газов в окружающую среду. В статье рассмотрена технология переработки цинковых кеков различными гидрометаллургическими методами. После взаимного анализа имеющихся технологий мы вместо заключения предложили подходящую методику для цинкового завода ОАО «Алмалыкский ГМК».

Ключевые слова: цинковый кек, силикат цинка, феррит цинка, вельцевания, пирометаллургия, гидрометаллургия, гетит, ярозит, гематит, автоклав, электролит.

Annotation. Currently, zinc cake produced at the zinc plant of JSC "Almalyk MMC" is processed pyrometallurgically. In this plant, zinc cake is processed by Waelz in a Waelz furnace. To the disadvantages of this method, we can see the use of a large amount of coke in the process, the loss of gold, silver, copper, lead and other metals with clinker, the difficulty of catching fumes, the use of an additional process to reduce the amount of harmful additives in the product:

chlorine, fluorine, carbon, and also air pollution with the release of large quantities of waste gases into the environment. The article discusses technologies for processing zinc cakes by various hydrometallurgical methods. After a mutual analysis of the available technologies, instead of a conclusion, we proposed a suitable methodology for the zinc plant of JSC Almalyk MMC.

Key words: zinc cake, zinc silicate, zinc ferrite, Waelz, pyrometallurgy, hydrometallurgy, goethite, jarosite, hematite, autoclave, electrolyte.

Ma'lumki O'zbekistonda metallurgiya sanoati so'nggi besh yilda ancha rivojlantirildi. Ko'p sohalar qatorida metallurgiya sanoatiga ham alohida e'tibor berilmoqda. Xususan, metallurgiya sanoati mamlakatimiz YaIM ning 7,6 % hamda eksport hajmining 8,2 % ini tashkil etadi. Avvallari birlamchi metallurgiyada rudadan bevosita metall ajratib olingan bo'lsa, hozirga kelib kompleks qayta ishlash hamda mavjud yarim tayyor mahsulot va chiqindilardan qimmatbaho komponentlarni ajratib olishga urg'u berilmoqda.

Rux ishlab chiqarish bo'yicha "Olmaliq KMK" AJ tarkibidagi Rux ishlab chiqarish zavodi O'zbekistonda yagona zavod bo'lib, yiliga ushbu zavodda 100-120 ming tonna rux metali ishlab chiqarilmoqda. Rux boyitmasi dastlab qaynar qatlam pechida kuydirilganda kuyindi (ogarak) olinadi va u sulfat kislotasining eritmasi bilan tanlab eritilganda tanlab eritish maromi: 100-120 g/l H₂SO₄; t=60-70°C, tanlab eritish davomiyligi 2 soat. Eritmaga 35-90% rux, qisman kadmiy, temir, mishyak va boshqa elementlar o'tadi. Erimay qolgan qoldiq (kek)ning miqdori kuyindi miqdorining 20-25% ini tashkil qilib, tarkibida, (%): 18-23 Zn, 4,8-11,7 Pb, 0,25-1,28 Cu, 0,08-0,2 Cd, 23-32 Fe, 4,7-10 S va 170-425 g/t Ag; 1,0-2,0 g/t Au bo'lishi mumkin.

Ruxning eritmaga to'liq o'tmaganligining sababi rux kuyindisida rux boyitmasini kuydirish jarayonida hosil bo'lgan rux ferriti (ZnO·Fe₂O₃), rux silikati (2ZnO·SiO₂) va kuymay qolgan rux sulfid (ZnS)larining mavjudligidir. Rux keki qo'shimcha rux, mis, kadmiy, oltin, kumush va boshqa metallarni olish uchun texnogen xomashyo hisoblanadi. Hozirgi kunda jahon amaliyotida rux keklarini qayta ishlashning pirometallurgik va gidrometallurgik usullari qo'llanilmoqda [1-5].



Ayni damda Olmaliqdagi rux zavodida rux keki velslash jarayoni orqali qayta ishlanib kelinmoqda. Velslash aylanma quvvurli pechlarda 1000-1200°C haroratda olib boriladi. Rux kekiga tiklovchi (odatda koks) qo'shiladi. Berilgan haroratda kuchli tiklovchi pech atmosferasida rux, qo'rg'oshin va uning birikmalari, noyob metallarning past oksidlari va sulfidlari bug' ko'rinishida yuqori muvozanat bosimidan foydalangan holda uchiriladi, gaz fazasida esa ularning oksidlanishi ro'y beradi. Bunda asosan rux, qo'rg'oshin va noyob metallar (kadmiy, indiy, talliy, germaniy, tellur) oksidlaridan tarkib topgan uchirma olinadi. Qattiq qoldiq – klinkerda mis, nodir metallar va bo'sh tog' jinslari qoladi [6-8].

Velslash jarayonining kamchiliklari:

- koks sarfining yuqoriligi;
- klinker bilan Au, Ag, Cu, Fe, Pb va boshqa metallarning yo'qolishi (chunki, hozirgacha klinkerni qayta ishlashning ratsional texnologiyasi yaratilmagan);
- uchirmalarni ushlab olishning murakkabligi;
- olingan asosiy mahsulot tarkibidagi zararli qo'shimchalar miqdorini kamaytirish maqsadida qo'shimcha jarayonning qo'llanilishi;
- olingan asosiy mahsulot sifatining doimo bir xil bo'lmasligi.

Shuning uchun so'nggi yillarda rux kekini gidrometallurgiya usuli bilan qayta ishlash texnologiyasini yaratish uchun ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda.

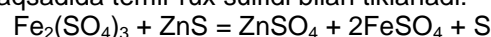
Bugungi kunda rux kekini gidrometallurgik qayta ishlashdan oldin qizigan suv bug'i ishtirokida kuydirish yaxshi natijalarni bergan. Kekni suv bug'i ishtirokida termik ishlov berish jarayonining ximizmi birlamchi, oraliq va yakuniy mahsulotlar hosil bo'lishi bilan tasniflanadi. Sfleritning sezilarli oksidlanishi boshlang'ich haroratidan to 900°C gacha birlamchi qattiq oksidlanish mahsuloti ZnO ekanligi aniqlandi [9-10]. Termodinamik hisoblar natijasining ko'rsatishicha, kekka suv bug'i ishtirokida termik ishlov berilganda rux sulfidi ZnS asosan ZnO ga; rux ferriti ZnO·Fe₂O₃ – ZnSO₄ va Fe₂O₃ ga; mis CuO ga; temir sulfidlari Fe₂O₃ ga aylanadi. Tadqiqot davomida turli metallarning eritmaga o'tish darajasiga suv bug'i ishtirokida termik ishlov berish haroratining ta'siri o'rganildi. Tajribalar 500-950°C haroratlar oralig'ida olib borildi. Harorat 900°C bo'lganda suv bug'i ishtirokida termik ishlov berish sulfat kislotasi eritmasiga ruxning o'tish darajasi ijobiy ta'sir qiladi, harorat 900°C dan yuqori bo'lganda suv bug'i ishtirokida termik ishlov berishdan hosil bo'lgan mahsulotdagi Zn va Cu ning eritmaga o'tishi biroz ortadi [11-12].

Quyida biz jahon amaliyotida rux kekini gidrometallurgik qayta ishlashning bir necha usullarini o'zaro taqqoslab ko'ramiz. Rux kekini gidrometallurgik usul bilan qayta ishlash rux ferritni yuqori haroratda sulfat kislotasida eritishga asoslangan. Bunda rux va temir eriydigan sulfat holatiga o'tkaziladi. Keyinchalik temir eritmadan har xil qiyin eriydigan birikmalar shaklida (gidrooksid, getit, yarozit) cho'ktiriladi. Rux ferriti yuqori konsentratsiyali sulfat kislotasida yuqori haroratlarda eriydi [13-14].

Rux kekini gidrometallurgik qayta ishlash hozirgi paytda keng tarqalayotgan jarayondir. Bu usullardan asosan getit va yarozit jarayonlar qo'llanilmoqda.

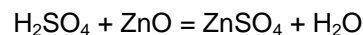
Getit jarayoni. Ushbu jarayon hozirgi kunda Belgiyaning Balen shahridagi rux ishlab chiqarish zavodida qo'llaniladi. Bunda dastlab rux keki qayta ishlangan elektrolit bilan 6-8 soat davomida, 95°C haroratda tanlab eritiladi. Jarayon erkin sulfat kislotasining qoldiq miqdori 50 g/l lguncha davom etiladi. Olingan qo'rg'oshin-kumush keki tarkibida 25 % Pb va 3-4 % Zn bo'ladi, so'ngra kek qo'rg'oshin ishlab chiqarishga yuboriladi. Pb-Ag kekining ajralib chiqishi umumiy rux kekinining 1/3 qismini tashkil etadi.

Kekni tanlab eritish natijasida hosil bo'lgan eritmada temirning bir qismi (30 g/l) Fe₂(SO₄)₃ shaklda uchraydi. Vaqtidan oldin temir (III) gidrolizini oldini olish maqsadida temir rux sulfidi bilan tiklanadi:



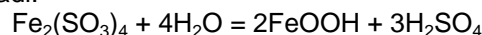
Tiklanish reaksiyasi 97°C haroratda 3-4 soat davomida olib boriladi. Jarayon mahsuloti - sulfidli kek tarkibida 20 % Zn va 50 % S mavjud bo'lib, u dastlabki konsentrat bilan birga kuydirishga yuboriladi.

20 g/l H₂SO₄, 20 - 30 g/l ekvivalentli temir va 1 g/l uch valentli temirga ega bo'lgan eritma neytrallashtirishga yuboriladi. Neytralizator sifatida rux kuyindisi qo'llanadi:



Eritmada H₂SO₄ ning miqdori 3 g/l gacha pasaytiriladi. Bunda Fe (III) cho'kmaga o'tadi. Neytrallashtirishdan so'ng quyultirilgan mahsulot tanlab eritishga qaytariladi, eritmadan esa getit cho'ktiriladi.

Jarayon 90-95°C haroratda 6 soat davomida o'tkaziladi. Bunda eritmani qo'shimcha neytrallab, pH=1,5-2,5 gacha pasaytiriladi va Fe (II) havodagi kislorod bilan oksidlantiriladi. Temirning oksidlanishi Cu (II) ishtirokida tezroq o'tadi. Oksidlangan temir gidrolizga uchraydi va qiyin eriydigan getit (-FeOOH) hosil qiladi:



Cho'kma deyarli yaxshi filtrlanadi. 50 % Fe va 3-4 % Zn mavjud bo'lgan getit keki chiqindi (otval)ga tashaladi, eritma esa neytral tanlab eritishga yuboriladi.

Getitni cho'ktirish jarayonida eritma mishyak, surma, germaniy kabi yo'ldosh elementlardan tozalanadi. Getitli cho'kma tarkibida 50% ga yaqin temir bo'ladi.

Bu texnologiyaning asosiy kamchiligi jarayonning ko'p bosqichliligi va aylanma materiallarning ko'pligidir.

Yarozit jarayoni hozirda Norvegiyaning Oddo shahridagi rux ishlab chiqarish zavodida qo'llaniladi. Bu yerda Zn keki 150-200 g/l H₂SO₄ eritmasida 80–90°C da 4-6 soat davomida qayta ishlanadi. Qoldiq (asosan PbSO₄, SiO₂ va temir oksidlari) oltin va kumushga boy bo'lib, eritmadan ajratib olinadi va qo'rg'oshin zavodiga yuboriladi. Eritmada rux, kadmiy, mis va boshqa sulfat kislotada eriydigan moddalar bor. Eritmada H₂SO₄ ning qoldiq miqdori 40-60 g/l bo'lgani uchun uni 10 g/l gacha pasaytirish maqsadida rux kuyindisi bilan neytrallanadi.



Pulpa (bo'tana)ning qattiq fazasini eritmadan quyulash tirgichda ajratib olinadi. Quyultirilgan pulpa kekni tanlab eritish bosqichiga yuboriladi. Eritma esa temirdan tozalashga yuboriladi. Temirdan tozalash 85-95°C da olib boriladi.

Temirni yarozi shaklda o'tkazish ruxni zavod bo'yicha yuqori darajada (95-96 %) ajratib olishga imkon yaratadi. Qo'rg'oshin va qimmatbaho metallarning 94 - 97 % i qo'rg'oshin - kumush kekiga o'tadi.

Jarayonning kamchiliklari: eritmani qizdirish va sovitish uchun qo'shimcha jihozlar ishlatilishi, yarozi cho'kish vaqtinigi ko'pligi. [15-17].

Gematit jarayoni. Rux kekini Yaponiyaning "Akita zink" firmasining "Induzima" zavodi sharoitida qayta ishlash. Bu korxonada rux kekini gematit jarayonida qayta ishlash yo'lga qo'yilgan. Gematit texnologiyasida rux keklarini avtoklavda 110-180°C haroratda va 150-180 g/l konsentratsiyali sulfat kislota ishtirokida tanlab eritishga asoslangan. Tanlab eritish jarayoni sulfat kislota konsentratsiyasi 40-50 g/l bo'lgunga qadar davom etadi.

Bu sharoitda esa rux, mis, noyob metallar va temir deyarli to'liq eritmaga o'tadi. Temirning katta qismi yo'qotilishi mumkin. Temir gidrolizlanib gematit holda cho'kadi. Bu usul sanoatda faqatgina ikki korxonada qo'llaniladi: Yaponiyaning "Akita zink" firmasining "Induzima" zavodida va Germaniyaning "Dattelh" zavodida. Induzima zavodida kekni qayta ishlash uchun Kanadaning "Sherrit Gordon" firmasi tomonidan ishlab chiqarilgan va "Dova mayning" firmasi tomonidan takomillashtirilgan avtoklavdan foydalaniladi. Dastlab kek qayta ishlangan elektrolit bilan repulpatiyalanadi, keyin sulfat kislota qo'shib kislota konsentratsiyasi rostanadi va to'rt kamerali avtoklavga yuboriladi.

Keklarni avtoklav usulida qayta ishlash jarayonida mis va temir eritmaga o'tadi, qo'rg'oshin esa kekda (cho'kmada) qoladi. Kek ajratib olingandan keyin eritma maxsus bakka yig'iladi. Eritmadan vakuum filtrda filtrlanib, mis keki ajratib olinadi va "Dova mayning" firmasining Kosaka zavodiga yuboriladi. Eritmadan mis keki ajratib olinganidan so'ng ohaktosh bilan neytrallanib, galliyga boy gips va oddiy gips olinadi. Olingan bu cho'kmalar Kosaka zavodida qayta ishlanadi.

Eritma 200°C gacha qizdiriladi temirni oksidlash va cho'ktirish maqsadida unga kislorod yuboriladi. Bu operatsiya titan qoplamali avtoklavlarda o'tkaziladi. 59% dan ortiq temir va 3% oltingugurt tarkibli cho'kma (temirning III oksidi) eritmadan ajratib olinadi va zavoddagi kuydirish uskunasi yuboriladi.

Rux keklarini avtoklavda tanlab eritishdan hosil bo'lgan gematitli cho'kma - kekda temir miqdori 67 % gacha bo'ladi (1-jadval). 70 g/l Zn va 60 g/l H₂SO₄ ga ega bo'lgan yakuniy eritma asosiy ishlab chiqarish - boshlang'ich rux keklarini repulpatiyalashga yuboriladi.

Rux keklarini tanlab eritishdan olingan qo'rg'oshin keki qimmatbaho metallarni saralab olish uchun qayta ishlanadi. Ushbu usulda rangli metallarni ajratib olish darajasi quyidagicha: Zn 95-96 %; Cu 93-94 %; Cd 93-94 %.

Gematit jarayonini yarozi va getit jarayoni bilan solishtirganda, yuqori temir tarkibli mahsulot (60 % Fe) olinadi va po'lat eritish zavodlariga yuboriladi [18-20].

1-jadval.

Gematitli cho'kmaning kimyoviy tarkibi

No	Gematitli cho'kma tarkibi	%
1.	Fe	63,5
2.	S	1,5
3.	Zn	0,8
4.	Pb	0,02
5.	As	0,03

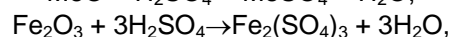
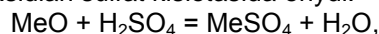
Jarayonning kamchiligi murakkab va yuqori qiymatli dastgoh-avtoklavning qo'llanilishidir.

2-jadval

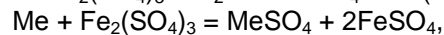
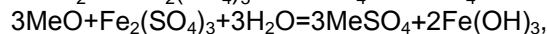
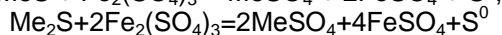
Veslash, yarozi, getit, va gematit jarayonida rux kekini qayta ishlashning texnologik ko'rsatkichlari

Metallar	Veslash		Yarozi t	Getit	Gematit
	Uchirma	Mis			
	Ajratib olish darajasi, %	klinkeri miqdori, %	Ajratib olish darajasi, %		
Zn	90	0,7-2	97,3	97,1	96
Pb	91	0,5-1,5	85	85	85
Ag	-	400-500 g/t	80	80	80
Au	-	1-2 g/t	80	80	82
Cu	-	0,9-6	94	70	94
Cd	93	-	94	80	94

Rux kekini tanlab eritish uchun foydalaniladigan erituvchini tanlashda juda ko'p omillar hisobga olindi, jumladan: boshlang'ich mahsulotning kimyoviy va fizikaviy tabiati, erituvchining narxi, erituvchining dastgohga korrozion ta'siri, tanlab eritilayotgan mahsulotga nisbatan erituvchining tanlovchanlik harakati. Erituvchi sifatida sulfat kislotasining qo'llanilishi texnologik va iqtisodiy samarador hisoblanadi, shu bilan birga hosil bo'ladigan rux sulfatini rux zavodining asosiy sikliga kiritish mumkin. Kekda rux ZnO, ZnSO₄, ZnS, ZnO·Fe₂O₃ shaklda va oz miqdorda silikatlar ZnO·SiO₂ holda bo'ladi. Rux keki tarkibidagi boshqa metallar sulfid holda uchraydi. Metallar oksidlari sulfat kislotasida eriydi:

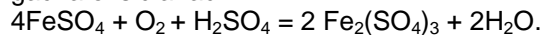


hosil bo'lgan Fe₂(SO₄)₃ mis va rux birikmalari bilan ta'sirlashadi:

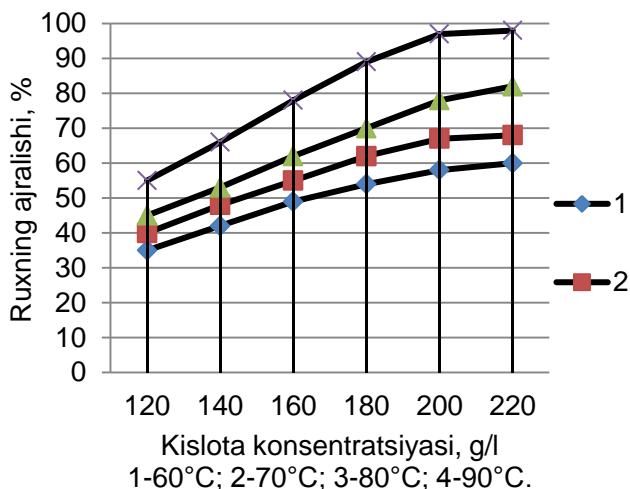


bu yerda, Me – rux, mis, kadmiy.

Jarayonda Fe₂(SO₄)₃ sulfidlarni oksidlovchi bo'lib xizmat qiladi, sulfat kislota esa ularning erituvchisi hisoblanadi. Quyidagi reaksiya bo'yicha, Fe (II) bo'tanadagi kislorodning mavjudligi sababli Fe (III) gacha oksidlanadi:

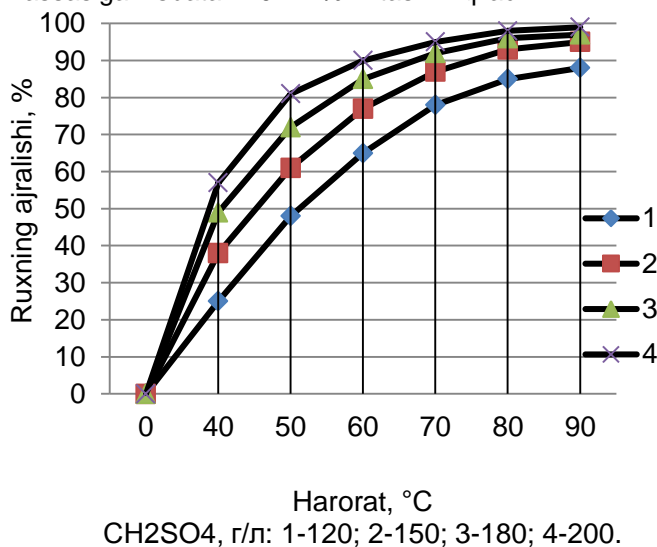


Ruxni ferrit shaklida erishi kinetik sohada kechadi, gidrodinamik sharoitlarga va pulpaning aralashish faolligiga bog'liq emas. Ruxning eritmaga ajralishiga harorat va sulfat kislotaning eritmadagi konsentratsiyasi sezilarli ta'sir qiladi (1-2-rasm).



1-rasm. Ruxni eritmaga ajralish darajasining kislota konsentratsiyasiga bog'liqligi

Shunday qilib, rux kekini tanlab eritishning optimal sharoitlari aniqlandi: sulfat kislotasining konsentratsiyasi 180-190 g/l, harorat 90-95°C, davomiyligi 4 soat. Shu sharoitda ruxning ajralish darajasi 97-98,5 %, mis 96 %, kadmiy 78-80 %, temir 72,5-75,2 % ni hamda kek chiqishi dastlabki mahsulot massasiga nisbatan 40-42 % ni tashkil qiladi.



2-rasm. Ruxni eritmaga ajralish darajasining haroratga bog'liqligi

Kislotalarning konsentratsiyasi 200 g/l dan ortishi metallarni eritmaga o'tish darajasiga ta'siri kam, ammo qo'shimcha elementlarning erishi ko'payadi. Olingan eritmadagi ruxning konsentratsiyasi uni elektroliz usuli bilan ajratib olish uchun yetarli. Ammo qo'shimcha elementlarning mavjudligi hisobiga eritmani «Olmaliq KMK» AJ rux zavodida qo'llaniladigan gidrolitik usul bilan tozalashni amalga oshirish kerak. Kek tarkibida 0,32 % mis sulfid holda,

0,61 %, rux jumladan, 96-98 % ferrit va 2-4 % silikat holda bo'ladi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

[1]. Романтеев Ю.П. Быстров В.П. Metallurgiya tyazhelykh tsvetnykh metallov MISiS 2010.
 [2]. Казанбаев Л.А. Разработка усовершенствованной технологии переработки кеков цинкового производства с извлечением индия. Москва. 2000
 [3]. Санакулов К.С. Научно-технические основы переработки отходов горно-металлургического производства. Ташкент. Фан. 2009 г. -404 с
 [4]. Болатбаев К.Н., Набойченко С.С., Садыков С.Б. Флотационно-металлургическая переработка труднообогатимого сырья. Петропавловск: СКГУ, 2004. 401 с.
 [5]. Марченко Н. В., Вершинина Е. П., Гильдебрандт Э. М. Metallurgiya tyazhelykh tsvetnykh metallov. - Krasnoyarsk : IPK SFU, 2009. - 394 с
 [6]. Абдурахмонов С., Тошкodieва Р.Э. Технология переработки клинкера цинкового производства // Монография. – Навои: А.Навоий, 2020.
 [7]. Абдурахмонов С., Тошкodieва Р.Э. Исследования по переработке клинкера - отхода цинкового производства // Вестник науки и образования. №10 (88) часть 1. май 2020
 [8]. Тошкodieва Р.Э., Абдурахмонов С. Переработка клинкера – техногенного отхода цинкового производства // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2020. 11(80).
 [9]. Холикулов Д.Б., Якубов М.М., Масидиков Э.М., Екубов О.М. Термодинамические исследования при извлечении ценных компонентов из кека цинкового производства нетрадиционным методом. Kompozitsion materiallar. Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali, 2018, № 1, с. 6-8.
 [10]. Холикулов Д.Б., Якубов М.М., Расулова С.Н., Гуро В.П. Эффективный способ переработки цинкового кека. Узбекский химический журнал. - 2018. -№4. -С.25-30.
 [11]. 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, Premier Publishing s.r.o. Vienna. 2018. № 11-12, Vol. 6, - Pp. 96-99.
 [12]. Холикулов Д.Б., Якубов М.М., Масидиков Э.М., Мухаметджанова Ш. Термодинамические исследования при извлечении ценных компонентов из кека цинкового производства нетрадиционным методом. Композиционные материалы. Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali, 2018, №4, с. 37-40.
 [13]. Kholikulov D.B., Yakubov M.M., Abdukadirov A., Mamatkulov N., Khaydaraliev K., Pulatov G., Muxametdjanova Sh. The Study of the Characteristics of Zinc Cake and the Main Direction of Processing. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 6, Issue 10, October 2019. Pp. 11416-11421. ISSN: 2350-0328.



<http://www.ijarset.com/upload/2019/october/78-doniyor-95.pdf>

[14]. Sunnatov J.B., Matkarimov A.T., Masidikov E.M., Khudoykulov R.B. Research of the Possibility of processing ZINC CUKS by Heat and Various Processing. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 7, Issue 5, MAY 2020.

[15]. Валиев Х.Х. Романтеев Ю.П. Металлургия свинца, цинка и сопутствующих металлов Алматы 2000.

[16]. Roderik J Sinclair The Extraktive Metallurgy of Zinc. The Australasian Institute of Mining and Metallurgy Spectrum Series Volume Number 13 2005.

[17]. Кляйн С.Э., Козлов П.А. Набойченко С.С. Извлечение цинка из рудного сырья. Екатеринбург. УГТУ-УПИ. 2009. – 491 с.

[18]. Юн А.Б., Захарьян С.В., Чен В.А. Гидрометаллургическая переработка кека автоклавного выщелачивания цинкового концентрата. ТОО «КазГидроМедь» НИЦИТ

[19]. Закономерности сульфатного дисбаланса пусковой одностадийной схемы автоклавного выщелачивания цинковых концентратов / Садыков С.Б., Захарьян В.Н., Макконахи Э., Бубан К., Стиксма Д., Коланчей Р., Сивун Е.В., Шубинок А.В. / Труды конференции «Современные технологии добычи и производства цветных металлов». Усть-Каменогорск, 2004. С. 209-212.

[20]. Садыков С.Б., Болтон Г.Л., Макконахи Э., Набойченко С.С. Укрупненные испытания автоклавного сернокислотного выщелачивания низкосортных цинковых концентратов // Цветная металлургия, 2006, № 10. С. 9-14.