

**TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY
DARAJALAR BERUVCHI DSc.03/30.12.2019.T.03.04 RAQAMLI
ILMIY KENGASH**

TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

OCHILDIYEV KAXRAMON TOSHTEMIROVICH

**SULFIDLI MIS BOYITMALARINI ERITISH PECHLARIDA QAYTA
ISHLASH TEXNOLOGIYASINI TAKOMILLASHTIRISH**

05.02.01 – Mashinasozlikda materialshunoslik. Quymachilik. Metallarga termik va bosim ostida ishlov berish. Qora, rangli va noyob metallar metallurgiyasi. Kamyob, nodir va radioaktiv elementlar texnologiyasi (quymachilik va metallarga ishlov berish yo‘nalishi)

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI
AVTOREFERATI**

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Ochildiyev Kaхраmon Toshtemirovich

Sulfidli mis boyitmalarini eritish pechlarida qayta ishlash texnologiyasini takomillashtirish.....3

Очилдиев Кахрамон Тоштемирович

Усовершенствование технологии переработки сульфидных медных концентратов в плавильных печах19

Ochildiev Kakхраmon Toshtemirovich

Improvement of technology for processing sulfide copper concentrates in smeltingfurnaces.....35

E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati

Список опубликованных работ

List of published works38

**TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY
DARAJALAR BERUVCHI DSc.03/30.12.2019.T.03.04 RAQAMLI
ILMIY KENGASH**

TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

OCHILDIYEV KAXRAMON TOSHTEMIROVICH

**Sulfidli mis boyitmalarini eritish pechlarida qayta ishlash texnologiyasini
takomillashtirish**

**05.02.01 – Mashinasozlikda materialshunoslik. Quymachilik. Metallarga termik va bosim
ostida ishlov berish. Qora, rangli va noyob metallar metallurgiyasi. Kamyob, nodir va
radioaktiv elementlar texnologiyasi (quymachilik va metallarga ishlov berish yo‘nalishi)**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI
AVTOREFERATI**

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda misni pirometallurgik usulda ishlab chiqarish davrida mis ishlab chiqarish shlaklari tarkibidagi mis miqdorini kamaytirish va qo‘shimcha ravishda tarkibida uglerod saqlagan tiklovchi moddalarni tejash alohida ahamiyat kasb etmoqda. Shu bilan birga an‘anaviy texnologiya asosida mis ishlab chiqarish shlaklarini tiklovchi moddalar bilan qayta ishlab, so‘ng eritish pechlarida missizlantirishda amalga oshadigan fizik-kimyoviy jarayonlarni tadqiq qilish muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Bu borada rivojlangan mamlakatlar, jumladan AQSH, Yaponiya, Rossiya va mis ashyosini qayta ishlash bo‘yicha yetakchi mamlakatlar Chili, Xitoy, Peru, Avstraliya va boshqa mamlakatlarda mis boyitmalarini qayta ishlashda misning chiqindi shlak bilan isrofini kamaytirishga alohida e‘tibor qaratilmoqda. Jahonda metall va uning qotishmalarini ishlab chiqarishda resurs tejamkorlikni ta‘minlaydigan texnologiyalar ishlab chiqishda keng ko‘lamda ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ushbu yo‘nalishda mis ishlab chiqarish shlaklaridan misni ajratib olishda, jarayonga salbiy ta‘sir ko‘rsatadigan magnetit birikmasini tiklash yo‘li bilan kamaytirish texnologiyasini ishlab chiqish hamda tarkibida temir va kremniy miqdori ko‘p bo‘lgan mis ishlab chiqarish shlaklarini qayta ishlashning samarli texnologiyasini ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Shu bilan birga mis ishlab chiqarish shlaklarini qayta ishlashda resurs tejamkorlikni ta‘minlaydigan texnologiyani ishlab chiqish zarur hisoblanadi. Respublikamizda qayta ishlashga turli konlardan olingan boyitmalar uzluksiz yetib kelayotgan bir davrda zamonaviy mis ishlab chiqarishni tashkil etish, shuningdek tashqi sharoitlar ta‘sirida mis ishlab chiqarish shlaklarini qayta ishlash jarayoni xususiyatlari vaqt mobaynida o‘zgarishini nazorat qilishning chora tadbirlari ishlab chiqilmoqda.

Yangi O‘zbekistonning 2022-2026 yillarga mo‘ljallangan taraqqiyot strategiyasida, “Mis sanoati klasterini tashkil etish orqali mis va boshqa mahsulotlar ishlab chiqarish hajmini 2 baravar ko‘paytirish hamda 8 milliard dollarlik mahsulot ishlab chiqarish uchun asos yaratish”¹ ga yo‘naltirilgan vazifalar belgilab berilgan. Bu vazifalar qatoriga rangli metallar ishlab chiqarishni ko‘paytirishni ta‘minlovchi mis ishlab chiqarishning metall tarkibli texnologik chiqindilarini qayta ishlashning yangi energiya va resurs tejamkor texnologiyalarini ishlab chiqishga yo‘naltirilgan ilmiy izlanishlar ham kiradi. Ushbu vazifalarni amalga oshirish, jumladan agregat unumdorligi va olinayotgan mahsulotlarning sifat ko‘rsatkichlarini ta‘minlaydigan texnologiya asosida mis ishlab chiqarish shlaklarini qayta ishlash jarayonlarini tadqiq qilish hamda tejamkor texnologiyalarni ishlab chiqish muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-iyunidagi “Mis va noyob metallar xomashyosini qayta ishlashning texnologik zanjirlarini kengaytirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-295-sonli Qarori, 2017-yil 21-apreldagi “Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish sohasida davlat boshqaruvi tizimini takomillashtirish to‘g‘risida”gi PF-5024-sonli, 2019-yil 30-oktabrdagi “2030-yilgacha bo‘lgan davrda

¹ O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 29 yanvardagi PF-60-sonli «2022-2026 yillarga mo‘ljallangan yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida” gi Farmoni

O‘zbekiston Respublikasining atrof-muhitni muhofaza qilish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida” gi PF-5863-sonli Farmonlari, 2016-yil 26-dekabrda PQ-2698-son “2017-2019 yillarda tayyor mahsulot turlari, butlovchi buyumlar va materiallar ishlab chiqarishni mahalliyashtirishning istiqbolli loyihalarini amalga oshirishni davom ettirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” gi, 2018-yil 27-aprelda PQ-3682-son “Innovatsion g‘oyalar, texnologiyalar va loyihalarni amaliy joriy qilish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” gi, 2021-yil 24-iyunda “Kon-metallurgiya sanoati va unga bog‘liq sohalarni rivojlantirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida” PQ-5159-sonli Qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga, ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining: II. “Energetika, energiya va resurs tejamlilik” ustuvor yo‘nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Dunyo olimlari tomonidan sulfidli mis boyitmalarini eritish pechlarida qayta ishlash, takomillashtirish borasida ko‘plab tadqiqotlar olib borilgan. Dunyoning yetakchi olimlari, jumladan Traista E., Wan X., Marija V., Vrasquez B.R., Phiri T., Cocic M.B., Liu K., Topcu M.A., Pekka H. sulfidli mis boyitmalarini eritish pechlarida qayta ishlash jarayonlarini optimallashtirish bo‘yicha ilmiy-tadqiqot ishlarini olib borganlar. Bu tadqiqotlar natijasida sulfidli mis boyitmalarini eritish pechlarida qayta ishlashga mo‘ljallangan yallig‘ qaytaruvchi pechlarining ishlab chiqarish unumdorligini oshirishga erishilgan. Narjis A., Aberkouks A., Nicolle M., Karonen J., Bill J.L., Briffa T.E., Fountain C.R., Tuppurainen J.M., Phillip J., Davenport W.G. sulfidli mis boyitmalarini eritish pechlarida qayta ishlashda tiklovchi va sulfidlovchi moddalarni qo‘llash usulini ishlab chiqarish, natijada eritish pechlarining unumdorligini oshirishga va mahsulot sifatini oshirishga erishilgan.

MDH olimlari Mixovski M., Dimitrova D., Panyushkina A., Fomchenko N., Muravyov M., Timur S., Marchenko N.V., Slovikovskiy V.V., Gulyaeva A.V., Ushakov N.N., Chalenko V.V.larning ishlarida sulfidli mis boyitmalarini eritish pechlarida qayta ishlash jarayonida misni yo‘qolishiga olib keluvchi moddalarning hosil bo‘lish sabablari to‘liq tadqiqot qilingan bo‘lib, natijada ushbu moddalar hosil bo‘lishini kamaytirishni ta‘minlaydigan usul ishlab chiqilgan. Voronin P.A., Ankusheva P.S., Alaeva I.P., Fomichev A.V., Blinov I.A., Artemiev D.A.lar tomonidan misli xomashyolarni eritish texnologik jarayonlariga koks, toshko‘mir kabi tiklovchi moddalarni qo‘llash va eritish pechlarining issiqlik texnik rejimlarini o‘zgartirishga erishilgan. Shuningdek, sulfidli mis boyitmalarini eritish pechlarida qayta ishlash texnologiyasini takomillashtirish bo‘yicha O‘zbekistonda ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda (K.Sanakulov, A.Ataxanov, N.Askarova, A.Xasanov, A.Yusupxodjayev, M.Yakubov, Sh.Hojiyev Sh.Muxametdjanova, B. Berdiyarov va boshqalar). O‘zbek olimlari A.A.Yusupxodjayev, M.M.Yakubovlar mis ishlab

chiqarishda hosil boʻladigan konvertor shlaklarini rux ishlab chiqarish klinkerlari bilan qayta ishlab misning chiqindi shlak bilan isrof boʻlishini 20 % gacha kamaytirish texnologiyasini ishlab chiqishgan. A.S. Xasanov mis ishlab chiqarish shlaklarini suyuq holida qayta ishlashning termogravitatsion usulini ishlab chiqqan.

Sulfidli mis boyitmalarini eritish pechlarida qayta ishlash jarayonini takomillashtirish sohasida koʻplab ilmiy natijalarga erishilishiga qaramay, hali yechimini topmagan muammolar koʻp. Chiqindixonalardagi qattiq shlaklar tarkibidagi oksidlangan mis birikmalarini flotatsion boyitish yoʻli bilan ajratib olishning imkoni topilmaganligi, gidrometallurgik tanlab eritishda shlakdagi misni eritmaga ajralish darajasining pastligi, fayalit tarkibli mis shlaklarini maydalash va yanchishda koʻp miqdorda energiya va mablagʻ sarflanishi, shlaklarni metallurgik pechlarda missizlantirish jarayonida jarayonga salbiy taʼsir etuvchi magnetit hosil boʻlishiga taʼsir etuvchi omillar yetarlicha aniqlanmagan. Yuqorida keltirilgan muammolar yechimini topish uchun zararli birikmalar miqdorini minimallashtirish, shlaklarni misga nisbatan missizlantirish, optimal tarkibli shlak olishdan oldin dastlabki tiklovchi muhitda ishlov berish, tiklash vaqtida qoʻllaniladigan tiklovchi moddalar tan-narxining qimmatligi sababli mis ishlab chiqarish shlaklarini sulfidli mis boyitmalari bilan birgalikda eritish pechlarida qayta ishlashning nisbatan samaraliroq texnologiyasini ishlab chiqish yoki mavjud texnologiyalarni yanada takomillashtirish uchun tadqiqotlar oʻtkazish zarur.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy taʼlim muassasining ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bogʻliqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining AL-592102410 sonli “Fazalararo mikro-/nano pufakli guruhlar asosida minerallarni flotatsiyalashda konditsiyalashning samarali texnologiyasi va uskunalarni tadqiq etish” (2023) mavzusidagi, № 63-172 yur x/sh 5/20 “Noyob, tarqoq, nodir, rangli va qora metallar resurslarini aniqlash uchun “Olmaliq KMK” AJ ikkilamchi texnogen chiqindilarining moddiy tarkibini tahlil qilish” (2020-2021) mavzusidagi xoʻjalik shartnomasi loyihasi, № 63-9845 yur x/sh “Mis zavodining konvertor shlaki va aylanma materiallarini, rux zavodining klinkerini qayta ishlash natijasida qoʻshimcha metallarni olish bilan ularni ishlab chiqarishda qoʻllash” (2021-2022) mavzusidagi xoʻjalik shartnomalari doirasida bajarilgan.

Tadqiqot maqsadi: Sulfidli mis boyitmalarini eritish pechlarida qayta ishlash texnologiyasini takomillashtirish asosida mis ishlab chiqarish samaradorligini oshirishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

- sulfidli mis boyitmalarini eritish pechlarida qayta ishlashning mavjud texnologiyalari va xossalari boʻyicha maʼlumotlarni analitik tahlil qilish;
- konvertor shlakini eritish pechlarida kambagʻallashtirishning samarali texnologiyasini ishlab chiqish maqsadida mahalliy tiklovchi materiallarning yuqori haroratli suyuq shlak bilan oʻzaro taʼsirini oʻrganish;
- magnetitni oltingugurtli birikma yordamida sulfidlanish hamda klinker bilan tiklanish darajasini aniqlash;

- yallig' qaytaruvchi pechda misning shlak bilan isrofini kamaytirish maqsadida shlak balandligi bo'yicha mis konsentratsiyasining taqsimlanishini o'rganish.

Tadqiqotning obyekti sifatida mis ishlab chiqarishdagi konvertorlash jarayonida hosil bo'ladigan shlaklar, rux sanoati klinkeri va tarkibida oltingugurt saqlagan mahalliy xomashyolar olingan.

Tadqiqotning predmetini dastlab konvertor shlakini tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiya bilan ishlov berib, so'ng ularni yallig' qaytaruvchi pechda missizlantirish texnologiyasini takomillashtirish tashkil etadi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida zamonaviy nazariy va amaliy kompleks tadqiqot usullari, termodinamik tahlil usullari, laboratoriya, yarim-sanoat va sanoat sinov-tajribalari, granulometrik tahlil, kimyoviy va moddiy tarkibni aniqlash uchun NEX CG RIGAKU rusumli spektrometrdagi dispersiyali fluoressant rentgen nurli spektrometrik tahlil, JEOL JSM-IT 200 rusumli skanerlovchi elektron mikroskopda mikroskopik tahlil usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

shlakdagi magnetit miqdorini kamaytirish uchun tarkibida uglerod va oltingugurt saqlagan tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiyaning kimyoviy tarkibi asosida suyuq konvertor shlakini qayta ishlash texnologiyasi ishlab chiqilgan;

oltingugurtli birikma va klinker aralashmasi ishtirokida konvertor shlakini yallig' qaytaruvchi pechda kompleks qayta ishlash asosida shlak bilan chiqib ketadigan mis miqdorini kamaytirish texnologiyasi ishlab chiqilgan;

yirikligi 20-25 mm bo'lgan oltingugurtli birikma hamda o'lchami 10-15 mm bo'lgan klinker aralashmasini qo'llash orqali suyuq konvertor shlakidagi magnetitni samarali parchalash usuli ishlab chiqilgan;

yallig' qaytaruvchi pechning shlak chiqadigan tuynugi balandligini qisman o'zgartirish hisobiga shlakdagi misning miqdorini kamaytirish texnologiyasi ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

suyuq konvertor shlakidan misning ajralishini yaxshilash uchun shlak tarkibidagi magnetitni tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiya yordamida kamaytirish usuli ishlab chiqilgan;

magnetit miqdori kamaygan va sulfidlangan mis birikmalarini saqlagan optimal tarkibli suyuq konvertor shlakini yallig' qaytaruvchi pechda missizlantirish texnologiyasi ishlab chiqilgan;

suyuq konvertor shlaklarini tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiya bilan dastlabki qayta ishlash jarayonida shlak, tiklovchi va sulfidlovchi modda sistemasida sodir bo'ladigan oksidlanish-qaytarilish kimyoviy reaksiyalarining entalpiya, entropiya va Gibbs energiyalarining o'zgarishi, turli haroratlarda reaksiya erkin energiyasi, tezligi hamda muvozanat doimiyligi o'zgarishining hisoblari maqsadga muvofiq ekanligi isbotlangan;

suyuq konvertor shlaklarini tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiya yordamida dastlabki qayta ishlash orqali missizlantirilganda shlak tarkibidagi misning miqdori 0,82 % dan 0,45 % gacha kamayishi aniqlangan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi aniq qo'yilgan vazifa asosida olingan, suyuq konvertor shlaklarini mis boyitmasi bilan birgalikda eritish pechida qayta ishlashda olib borilgan eksperimental tadqiqotlarining ko'pligi va olingan natijalarning termodinamik hisoblashlar asosida qayta ishlov berilishi, shlakdagi mis, temir, oltingugurt, kremniy va boshqa komponentlarning kimyoviy tahlili zamonaviy texnika va texnologiyalardan foydalanish asosida aniqlangan fizik-kimyoviy xossalarning ko'rsatkichlari, hamda eksperimental natijalar bilan taqqoslash orqali izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati mis ishlab chiqarish shlaklarini dastlabki qayta ishlash jarayonida tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiya sifatida rux ishlab chiqarish klinkerlari va texnik oltingugurt aralashmasi qo'llanilishi tufayli konvertor shlakidagi oksidlangan mis birikmalarining sulfidlanishi, magnetitning tiklanishi, tiklanish natijasida ajralib chiqadigan texnologik gazlar suyuq shlakni barbotajlashi, barbotajlanish natijasida mayda shteyn tomchilari koalesensiyasining ortishi, shlak tarkibidagi zararli birikma – magnetit miqdorining kamayishi va buning natijasida shlakning qovushqoqligi, zichligi kamayishi, oquvchanligi ortishi, shlakning qovushqoqligi kamayganli tufayli uni eritish pechlarida qayta ishlashda zarar yetkazuvchi nastil qatlamlari paydo bo'lishining kamayishi hamda shlak tarkibida qolib ketgan shteyn yoki mis tomchilarini pech tubidagi asosiy shteyn qatlamiga cho'kishining tezlashishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati shlak tarkibidagi misning ajratib olinishi tufayli misning tayyor mahsulotga ajratib olinish darajasining ortishi, shlaklarni suyuq holda qayta ishlash yoqilg'i sarfini tejashi, tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiya sifatida arzon texnik oltingugurt va klinker texnogen chiqindilarining qo'llanilishi esa konvertor shlakini qayta ishlash uchun ketadigan sarf-xarajatlarni kamaytirishi, qayta ishlash natijasida hosil bo'lgan missizlangan shlaklarni qurilish xomashyosi sifatida ishlatish imkoniyatining paydo bo'lishi, tadqiqotni amalga oshirish uchun hech qanday qo'shimcha dastgohlar talab etilmasligi, mis ishlab chiqarish texnologik sxemasidan chetga chiqilmasligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Sulfidli mis boyitmalarini eritish pechlarida qayta ishlash texnologiyasini takomillashtirish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

Yallig' qaytaruvchi pechda qayta ishlanadigan konvertor shlakidagi magnetitning (Fe_3O_4) miqdorini kamaytirish uchun shlakni oltingugurtli birikma va klinker aralashmasi bilan qayta ishlash texnologiyasi "OKMK" AJ ning Mis eritish zavodiga (MEZ) joriy qilingan. ("OKMK" AJ ning 12-yanvar 2023-yildagi № 63-03 sonli ma'lumotnomasi). Buning natijasida shlak tarkibidagi magnetitning miqdori 6 % ga kamayishga erishilgan.

Oltingugurtli birikma va klinker aralashmasi yordamida suyuq konvertor shlakini dastlab metallurgik kovshda qayta ishlab, so'ng uni yallig' qaytaruvchi pechida missizlantirish texnologiyasi "OKMK" AJ ning Mis eritish zavodiga (MEZ) joriy etilgan. ("OKMK" AJ ning 12-yanvar 2023-yildagi 63-03- sonli

ma'lumotnomasi). Joriy qilish natijasida shlak bilan misning yo'qolishini 19,2 % kamaytirishga erishilgan;

Suyuq konvertor shlaki bilan oltingugurtli birikmalarning o'zaro ta'sirlashish yuzasini oshirish maqsadida yirikligi 20 – 25 mm bo'lgan oltingugurtli birikma va yirikligi 10 –15 mm bo'lgan klinker aralashmasi yordamida shlakdagi magnetitni parchalash, so'ngra uni yallig' qaytaruvchi pechida missizlantirish mobaynida pechning shlak chiqadigan tuynugining balandligini qisman o'zgartirish texnologiyasi "OKMK" AJ ning Mis eritish zavodiga (MEZ) joriy qilingan. ("OKMK" AJ ning 12-yanvar 2023-yildagi 63-03- sonli ma'lumotnomasi). Natijada shixtadan misning shiteyn tarkibiga o'tish darajasi 0,5-0,6 % ga oshirilgan. Joriy etishdagi mablag' 986 890 000 so'mni tashkil etdi.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Dissertatsiyaning tadqiqot natijalari 3 ta xalqaro va 4 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida va simpoziumlarida muhokamadan o'tgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 20 ta ilmiy ish chop etilgan. O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarida 9 ta maqola, jumladan 3 tasi Respublika va 6 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 120 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya ishi mavzusining dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, tadqiqotning obyekti va predmeti aniqlangan, tadqiqotning O'zbekiston Respublikasi fan va texnika taraqqiyotining ustuvor yo'nalishlariga muvofiqligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, ularning ishonchliligi asoslangan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, ishni aprobatsiya qilish ko'rsatilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

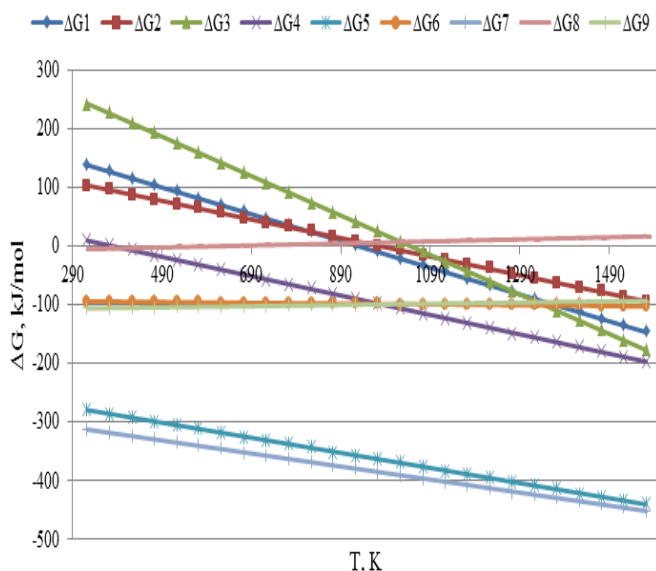
Dissertatsiyaning "**Sulfidli mis boyitmalarini qayta ishlashning zamonaviy holati va istiqbollari**" deb nomlangan birinchi bobida sulfidli mis boyitmalarida eritish pechlarida qayta ishlashning mavjud texnologiyalari va ularni takomillashtirish, shlaklarni missizlantirishning chiqindisiz texnologiyalarini joriy qilishning zamonaviy holati tahlil qilingan. Pirometallurgik usulda mis ishlab chiqarish eritilgan metallga nisbatan ko'proq shlak chiqishi bilan ajralib turadi. Ba'zida, eritish paytida shlak miqdori metallga boyigan qimmatli oraliq mahsulotlarning miqdoridan o'n barobar ko'p bo'ladi. Shuning uchun eritish pechlarida shlak tarkibidagi mis miqdori nisbatan past bo'lsada, jarayonlardagi umumiy yo'qotishlar sezilarli darajada bo'ladi. Masalan, yallig' qaytaruvchi eritish pechining shlaklaridagi misning miqdori 0,45-0,65% oralig'ida, kislorod-mash'alali eritish pechida hosil bo'lgan shlaklarda 0,6-0,9%, konvertor shlaklarida esa mis

miqdori o'rtacha 3,5 % ni tashkil etadi. Mis ishlab chiqarilishida hosil bo'lgan shlaklarni qayta ishlashning barcha ma'lum usullarini quyidagi asosiy yo'nalishlarga bo'lish mumkin: gidrometallurgiya; flotatsiya; pirometallurgiya; kombinatsiyalashgan. Har bir yo'nalishning o'ziga xos afzalliklari va kamchiliklari bor. Ularning qo'llanilishi xomashyo tarkibi, eritish uslubi va korxonalarining o'ziga xos sharoitlari bilan belgilanadi.

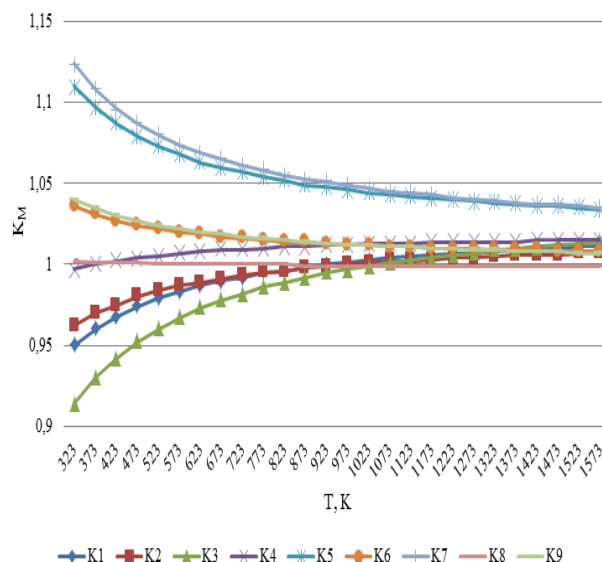
Dissertatsiyaning **“Tadqiqot obyektlarini tanlash va sulfidli mis boyitmalarini qayta ishlash texnologiyasini takomillashtirishning tadqiqot usullari”** deb nomlangan ikkinchi bobida tadqiqot obyektlarini tanlash bayon etilgan, qo'llaniladigan xomashyolarning kimyoviy tarkibining tahlillari taqdim etilgan bo'lib, ularning kimyoviy hamda fizikaviy xossalarini o'rganishda zamonaviy usul va dastgohlardan foydalanilgan. Tadqiqotning asosiy obyektlari sifatida “Olmaliq KMK” AJ mis eritish zavodining suyuq konvertor shlaklari tanlangan bo'lib, shlakdagi magnetit miqdorini kamaytirish uchun yangi tarkibli tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiyadan foydalanish taklif etilgan. Yangi tarkibli tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiyani tayyorlash uchun sulfidlovchi moddalar sifatida texnik oltingugurt hamda piritli boyitmadan, tiklovchi modda sifatida esa rux ishlab chiqarish klinkerlaridan foydalanilgan. Asosiy sinov-tajriba olib boriladigan moddalar magnetit (Fe_3O_4), temir, mis va oltingugurt bo'lgan.

Dissertatsiyaning **“Suyuq konvertor shlaki hamda tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiya orasida boradigan fizik-kimyoviy jarayonlarning nazariy asoslarini ishlab chiqish”** deb nomlangan uchinchi bobida suyuq konvertor shlaklarni qayta ishlash mobaynida ulardagi misning miqdoriga ta'sir etuvchi asosiy omillarni aniqlash va tahlil qilish, shlaklarni termik qayta ishlashda shlak, tiklovchi va sulfidlovchi modda sistemasida sodir bo'ladigan tiklanish reaksiyalarining termodinamik jihatlarini o'rganish, shlak suyuqlanmasining balandligi bo'yicha misning taqsimlanishini o'rganish hamda tahlil qilish tadqiqotlari haqida ma'lumotlar berilgan.

Termodinamik nuqtai nazardan mis ishlab chiqarish shlaklari tarkibidagi metall oksidlarini tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiya bilan qayta ishlab optimal tarkibli shlak olish jarayonining nazariy asoslari ishlab chiqildi. Uglerod va is gazi ishtirokida mis ishlab chiqarish shlaklari tarkibidagi metall oksidlarini tiklash jarayonlarining kimyoviy reaksiyalari va shu reaksiyalarining borish mexanizmi tuzildi. Haroratning ortishi suyuq konvertor shlaki tarkibidagi metall oksidlarini klinkerdagi tiklovchi moddalar yordamida tiklanish kimyoviy reaksiyalarida Gibbs energiyasining o'zgarishi (1-rasm) hamda muvozanat konstantasiga ta'siri tadqiq qilindi (2-rasm). Bunga ko'ra, suyuq konvertor shlakining dastlabki haroratida (ya'ni 1100-1200 °C da) klinkerdagi tiklovchi moddalar bilan boradigan tiklanish reaksiyalarining barchasi ijobiy ko'rsatkichlarga ega, ya'ni barcha kimyoviy reaksiyalar amaliy jihatdan sodir bo'ladi. Mis ishlab chiqarish shlaklari tarkibidagi metall oksidlarini klinker bilan tiklanish jarayoning termodinamik tahlilidan olingan natijalar qiymatlari va shu qiymatlardan olingan xulosalar ishlab chiqarish amaliyotidan olingan tajriba natijalari bilan solishtirilganda bu qiymatlar bir-biriga to'liq mos kelishi aniqlandi.

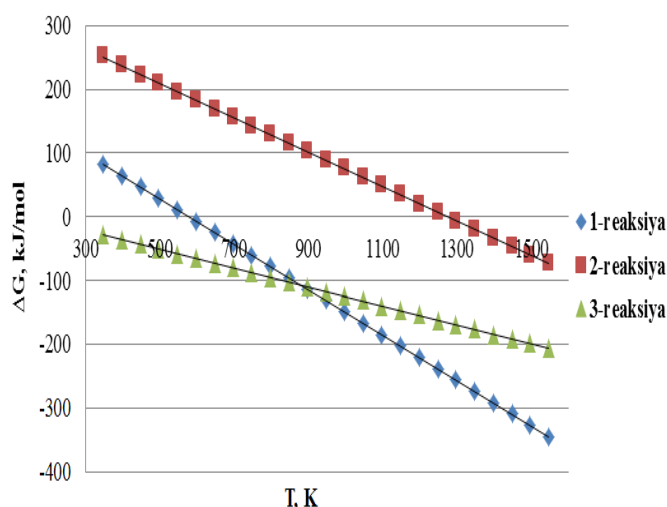


1-rasm. Konvertor shlaki va klinker sistemasida oqib o'tadigan tiklanish reaksiyalarining umumiy Ellingem diagrammasi

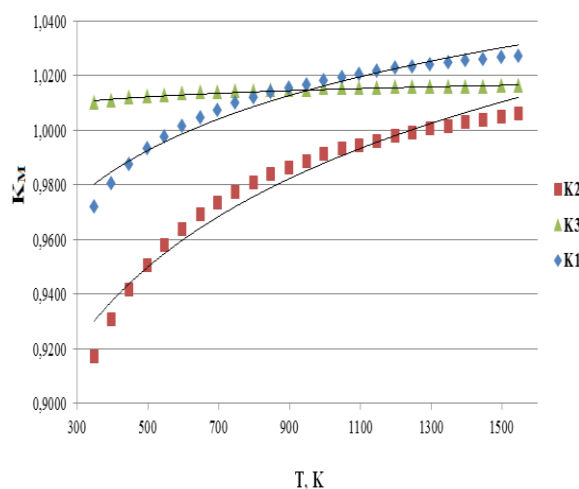


2-rasm. Konvertor shlakini rux sanoati klinkeri bilan tiklanish jarayonida muvozanat konstantasini haroratga bog'liq ravishda o'zgarishi

Suyuq konvertor shlaki tarkibidagi magnetitni texnik oltingugurt bilan sulfidlash jarayonining oson va mantiqiy mexanizmi ishlab chiqildi. Ishlab chiqilgan mexanizmga binoan, magnetit va texnik oltingugurt kontakt chegaralarida oqib o'tadigan kimyoviy reaksiyalarning termodinamik jihatlarini o'rganib chiqildi.



3-rasm. Magnetit va texnik oltingugurt sistemasida oqib o'tadigan sulfidlanish reaksiyalarining umumiy Ellingem diagrammasi



4-rasm. Magnetitni oltingugurt bilan sulfidlash jarayonida muvozanat konstantasini haroratga bog'liq ravishda o'zgarishi

Termodinamik hisoblashlar natijasiga ko'ra, magnetit va texnik oltingugurt sistemasida oqib o'tadigan kimyoviy reaksiyalar orasida eng sekin boruvchi (limitlovchi) bosqich magnetitning viyustit ko'rinishiga qadar tiklanish kimyoviy reaksiyasi ekanligi aniqlandi (3-rasm) va bunga bog'liq ravishda umumiy sulfidlanish jarayoni uchun 1473 K (1200 °C) optimal harorat qilib o'rnatildi (4-rasm).

Misning miqdori minimal darajada bo'lgan mis shlaklarini eritish pechlaridan quyish ostonasining optimal balandligini aniqlash maqsadida dastlab, misning shlak eritmasi balandligi bo'ylab tarqalish darajasini aniqlash zarur bo'ladi.

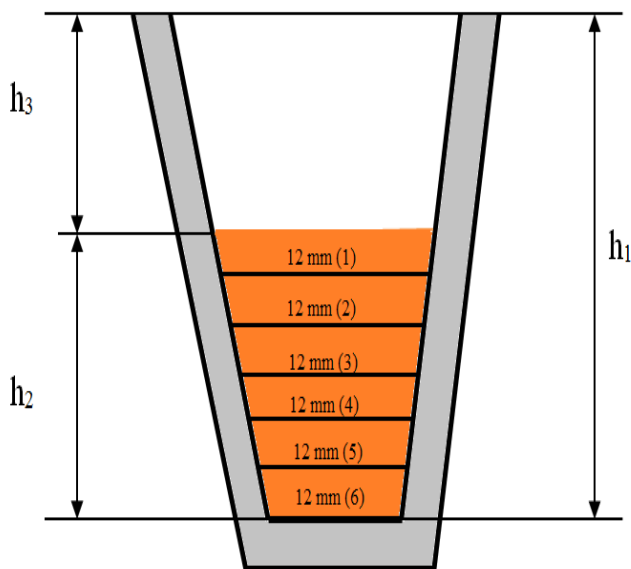
Shlak eritmasining balandligi bo'ylab misning har bir qatlam bo'yicha taqsimlanish tadqiqotini laboratoriya sharoitida quydagicha o'tkazildi: buning uchun dastlab o'lchami 0.074 mm va namligi 7-8 % bo'lgan sulfidli mis boyitmasidan har bir na'munaning massasi 500 gramdan 7 ta na'muna o'lchab olindi va bir-biri bilan aralashtirilib o'rtacha tarkibdagi mis boyitmasi hosil qilindi. Boyitmaning kimyoviy tarkibi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Aralashtirilgan mis boyitmalarini xomashyosidan olingan na'munaning kimyoviy tarkibi

Komponentlar miqdori, %.									
Cu	Pb	Zn	Mo	Fe	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	boshqalar
16,9	0,02	0,03	0,04	31,3	30,8	15,3	2,13	1,1	2,38

Laboratoriya sharoitida misli shixtani suyuqlantirish uchun maxsus tigel tanlandi. Bunda: h_1 -tigel ishchi maydonining balandligi; h_2 -suyuqlantirilgan mahsulot qatlamining balandligi; h_3 - tigeldagi bo'sh qismning balandligidir.



5-rasm. Laboratoriya sharoitida misli shixtani suyuqlantirish uchun maxsus tigel

№ na'munalar	Misning miqdori, %
1	0,72
2	1,24
3	3,70
4	11,33
5	15,41
6	18,20

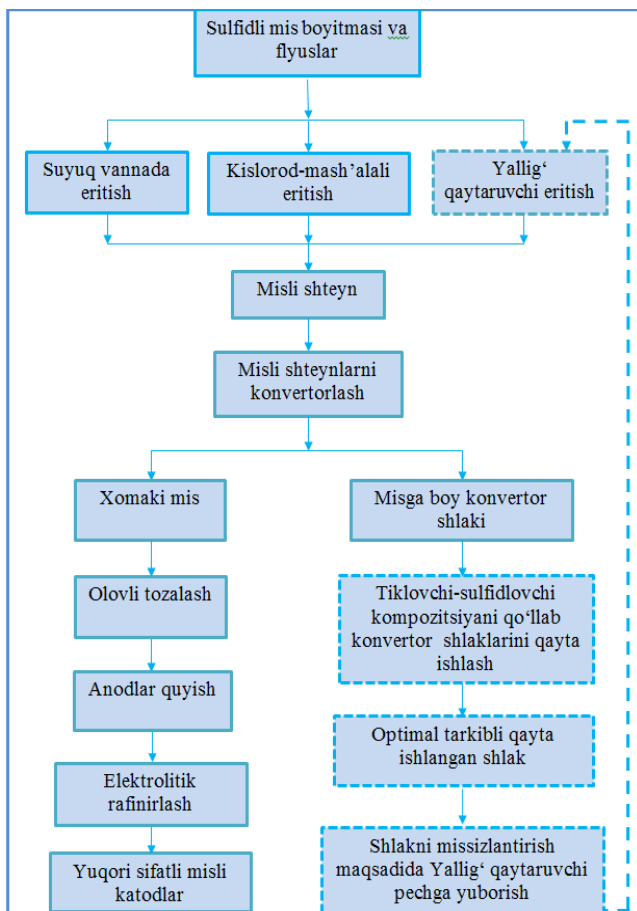
6-rasm. Suyuqlanmaning balandligi bo'ylab misning taqsimlanishi

Shlak qatlamining qalinligi $h_2=72$ mm ni tashkil etdi, qatlamni 6 qismga ajratilganda har bir qatlamning qalinligi $72:6=12$ mm ni tashkil etdi. Suyuqlanmaning har 12 mm li qatlamlaridan na'munalar olinib kimyoviy tahlilga berildi. 6 ta qatlam bo'yicha kimyoviy tarkib 6-rasmida taqdim etilgan.

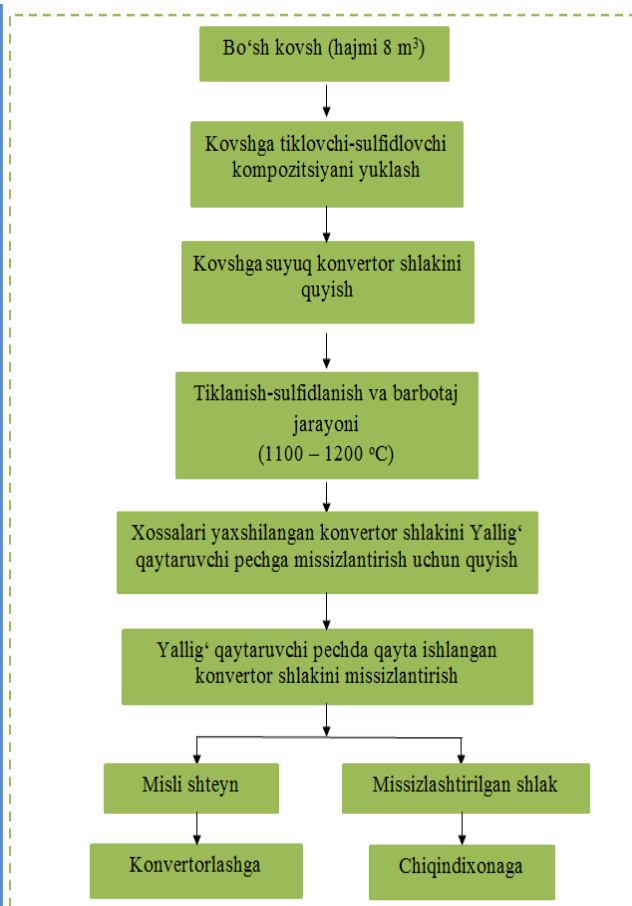
Dissertatsiyaning "Suyuq konvertor shlaklaridan misni ajratib olishning asosiy texnologik parametrlarini aniqlash tadqiqoti" deb nomlangan to'rtinchi bobida natijalarni sinovdan o'tkazish, konvertor shlaklarini tiklovchi-sulfidlovchi

kompozitsiya bilan qayta ishlash, ya'ni shlakning fizik-kimyoviy xossalarini yaxshilash texnologiyasini ishlab chiqarishga joriy qilinishi yoritib berilgan.

Bajarilgan ilmiy tadqiqot ishlari natijasi bo'yicha, suyuq konvertor shlaklarini yallig' qaytaruvchi eritish pechida qayta ishlash texnologiyasiga o'zgartirishlar kiritildi, ya'ni suyuq konvertor shlakini pechga quyishdan oldin dastlabki qayta ishlash jarayonida tiklovchi modda sifatida rux sanoati klinkerlaridan va sulfidlovchi modda sifatida texnik oltingugurtdan foydalanilgan. Boshqa texnologik jarayonlar esa o'zgarishsiz qolgan. Qiyosiy tahlil o'tkazish maqsadida "Olmaliq KMK" AJning an'anaviy mis ishlab chiqarish sxemasi (7-rasm) va ishlab chiqilgan takomillashtirish jarayonining texnologik sxemalari tuzildi (8-rasm).



7-rasm. OKMK miqyosida mis ishlab chiqarishning an'anaviy texnologik sxemasi



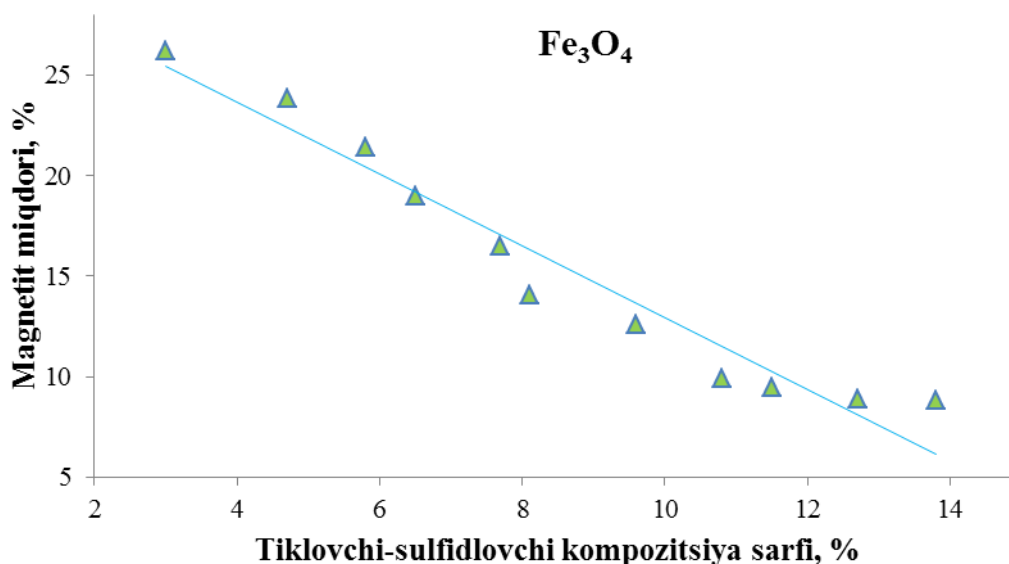
8-rasm. Suyuq konvertor shlakini tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiya yordamida qayta ishlashning taklif etilgan texnologik sxemasi

7- va 8-rasmlardagi tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiya yordamida suyuq konvertor shlakini qayta ishlash bo'yicha tavsiya etilgan texnologik sxema chiziqli kontur bilan ko'rsatilgan. O'tkazilgan tadqiqotlar "Olmaliq KMK" AJda mis eritish shlaklarini qayta ishlash bo'yicha kam chiqindili texnologiyani ishlab chiqish, ishlab chiqarish sharoitida sinovdan o'tkazish va joriy etish imkonini berdi.

Bu texnologiyaning afzalliklari shundan iboratki, taklif etilayotgan jarayon mis ishlab chiqarishda umumiy texnologik sikldan chiqmasdan amalga oshiriladi va shu bilan birga konvertor shlaklaridan misni ajratib olish darajasi oshadi. Bundan

tashqari, ushbu texnologiya qo‘shimcha texnik qurilmalar va apparatlarni talab qilmaydi.

Tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiya yordamida konvertor shlaklarini qayta ishlashning sanoat sinov-tajribalari natijasi shuni ko‘rsatdiki, reaksiya sistemada tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiyaning sarfi ortishi bilan shlakdagi magnetit va oksidlangan mis birikmalari miqdori kamayishi aniqlangan. 9-rasmda tasvirlangan grafikda tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiyaning sarfi dastlabki shlak massasiga nisbatan 10,8 % ni tashkil etganda konvertor shlakidagi magnetit va oksidlangan mis birikmalari miqdori maksimal darajada kamayganligi kuzatilgan.

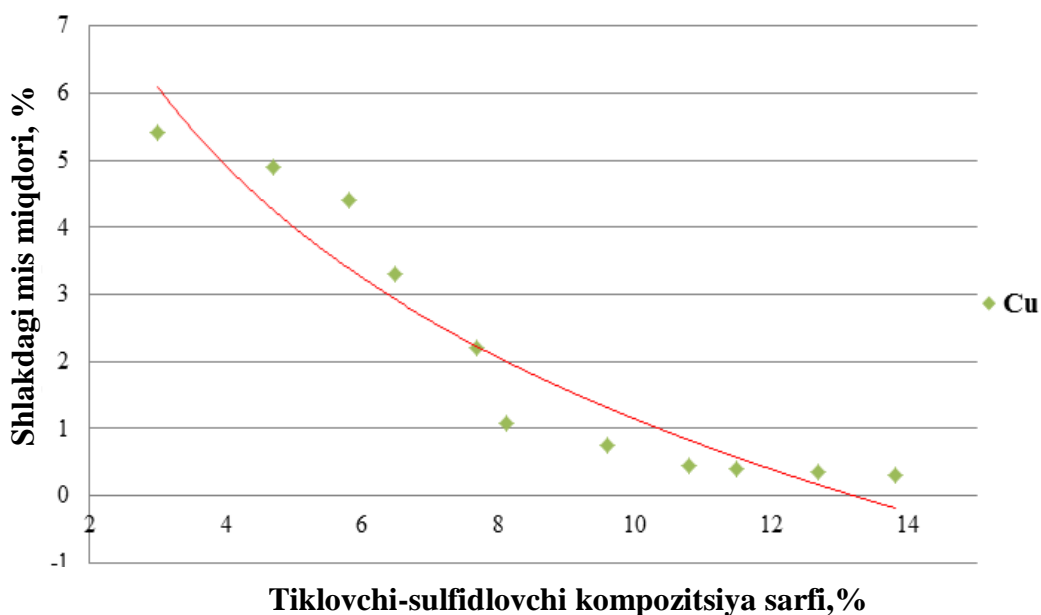


9-rasm. Tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiya sarfining ortishi bilan konvertor shlakidagi magnetit miqdorining kamayishi orasidagi bog‘liqlik

Suyuq konvertor shlaklarini metallurgik kovshda tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiya yordamida qayta ishlab undagi magnetitni kamaytirish texnologiyasini qo‘llash asosida quyidagi texnologik ko‘rsatkichlarga erishilgan: tiklash jarayonida sarflanadigan tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiyaning optimal sarfi ko‘rsatkichlari topilgan. Bunda tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiyaning sarfi shlak massasiga nisbatan 10,8 % ni tashkil etgan. Chunki 9-rasmda keltirilgan grafikdan ko‘rishimiz mumkinki, tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiyaning sarfi 10,8 % ga yetganda shlakdagi magnetitning miqdori keskin kamayib, undan yuqori qiymatlarda esa kamayish egri chizig‘i farqi oldingi qiymatlarga nisbatan yuqori ko‘rsatkichlarni tashkil etmadi;

konvertor shlakidagi misning miqdori shlakda tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiya miqdori ortib borishi bilan kamayishi aniqlangan (10-rasm). Buning natijasida keyingi yallig‘ qaytaruvchi eritish pechida missizlantirish jarayonida shlak bilan chiqib ketadigan mis miqdorini 19,2 % ga kamayishi aniqlangan;

tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiyaning sarfi 10,8 % ni tashkil etganda misning shlakdagi umumiy miqdori 0,45 % gacha kamayganligi aniqlangan. Buni 10-rasmda tasvirlangan grafikdan yaqqol ko‘rish mumkin. Bu holat tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiyaning o‘rnatilgan optimal miqdoridan oshib ketsa shlakdagi mis miqdorining kamayishi sezilarli darajada o‘zgarmagan;



10-rasm. Tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiya sarfining ortishi bilan konvertor shlakidagi mis miqdorining kamayishi orasidagi bog‘liqlik

tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiya bilan ishlov berilgan suyuq konvertor shlakini yallig‘ qaytaruvchi pechda missizlantirilganda hosil bo‘lgan, tarkibida 0,45 % mis saqlagan ikkilamchi shlak suyuqlanmasining balandligi bo‘yicha misning taqsimlanishini o‘rganilganda, shlak quyish ostonasini 50 mm ga ko‘tarish misning shlak bilan mexanik isrofini kamaytirishi aniqlangan.

Amalga oshirilgan tadqiqotlar asosida suyuq konvertor shlaklarini tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiya asosida qayta ishlashning texnologik va apparatlar zanjiri sxemasi ishlab chiqilgan hamda jarayonning asosiy texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlari aniqlangan.

XULOSA

“Sulfidli mis boyitmalarini eritish pechlarida qayta ishlash texnologiyasini takomillashtirish” mavzusidagi dissertatsiyasi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar natijalari asosida quyidagi xulosalar taqdim etilgan:

1. Misning shlak bilan isrofini kamaytirish maqsadida suyuq konvertor shlakini qayta ishlash uchun tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiyasining sarflanadigan miqdori aniqlandi. Bu ma’lumotlar misning shlak bilan isrofini kamaytirish uchun xizmat qiladi;

2. Dastlab tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiya shixtasi bo‘sh kovshga solinib, so‘ngra uning ustiga suyuq konvertor shlakini quyishning optimal usuli ishlab chiqildi. Bu usul yuqori haroratli konvertor shlaki issiqligidan foydalanib

mis ishlab chiqarish shlaklarini qayta ishlashning samarali texnologiyasini ishlab chiqish uchun xizmat qiladi;

3. Harorati 1100-1200 °C oralig'ida bo'lgan suyuq konvertor shlakini tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiya ishtirokida kovshda qayta ishlab, so'ng uni yallig' qaytaruvchi eritish pechida missizlantirish texnologiyasi ishlab chiqildi. Bu ma'lumotlar asosida tiklovchi modda sifatida rux sanoati klinkerlaridan, sulfidlovchi modda sifatida oltingugurtli birikmalardan foydalanish konvertor shlaki tarkibidagi magnetitning miqdorini kamaytirish uchun xizmat qiladi;

4. Tiklanish va sulfidlanish reaksiyalari natijasida hosil bo'ladigan gazlar suyuq shlak vannasini barbotajlab aralashtirishi va buning oqibatida suyuq shlak sistemasidagi mayda shteyn zarrachalarining tezroq koalesensiyanishi aniqlandi. Koalesensiyaning tezlashishi esa bir-biriga tarkibi va xossasi yaqin bo'lgan modda zarrachalarining tezroq birlashib, alohida (shlak, metall, shteyn) fazalarga bo'linishi uchun xizmat qiladi;

5. Suyuq konvertor shlaklarini tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiya bilan qayta ishlash, mis shlaklarini an'anaviy usulda qayta ishlashning texnologik sxemasiga ta'sir etmasligi aniqlandi. Bu ma'lumotlar asosida taklif etilayotgan usulni qo'llash mavjud texnologik sxemadan chetga chiqmaslik uchun xizmat qiladi;

6. Konvertor shlakidagi magnetitni tiklashda sarflanadigan tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiyaning miqdori shlak massasiga nisbatan 10,8 % ni tashkil etganligi aniqlandi. Olingan natijalar konvertor shlaki tarkibidagi magnetitning miqdorini 6 % ga kamaytirish uchun xizmat qiladi;

7. Suyuq konvertor shlaklari bilan tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiyaning o'zaro ta'sirlashish yuzasini oshirish maqsadida yirikligi 10-15 mm bo'lgan klinker va o'lchami 20-25 mm bo'lgan oltingugurtli birikma aralashmasi yordamida suyuq konvertor shlaklarini dastlab metallurgik kovshda qayta ishlab magnetitni kamaytirish, so'ngra yallig' qaytaruvchi pechda missizlantirish texnologiyasi joriy qilindi. Bu esa shixtadan misning shteyn tarkibiga o'tish darajasini 0,5-0,6 % ga oshirish uchun xizmat qiladi;

8. Suyuq konvertor shlakini dastlab metallurgik kovshda qayta ishlab, so'ng yallig' qaytaruvchi pechda missizlantirishning prinsipial texnologik sxemasi ishlab chiqildi. Bu natijalar mahalliy ikkilamchi hosil bo'lgan texnogen chiqindilardan foydalanish asosida mis ishlab chiqarish shlaklarini qayta ishlash texnologiyasini takomillashtirish uchun xizmat qiladi;

9. Tavsiya etilayotgan texnologiya bo'yicha suyuq konvertor shlaklarini tiklovchi-sulfidlovchi kompozitsiyadan foydalanib dastlabki tiklash yo'li bilan pechda missizlantirilganda pechning shlaki tarkibidagi misning miqdori 0,82 % dan 0,45 % gacha kamayishiga erishildi. Natijada misni ajratib olinish darajasining ortishi hisobiga yiliga **986 890 000** (to'qqiz yuz sakson olti million sakkiz yuz to'qson ming) so'm iqtisodiy samaraga erishiladi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc. 03/30.12.2019.Т.03.04
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ОЧИЛДИЕВ КАХРАМОН ТОШТЕМИРОВИЧ

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ
СУЛЬФИДНЫХ МЕДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ В ПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧАХ**

05.02.01 –Материаловедение в машиностроении. Литейное производство. Термическая обработка и обработка металлов давлением. Металлургия чёрных, цветных и редких металлов. Технология уникальных, редких и радиоактивных элементов (по направлению литейного производства и технологии обработки металлов)

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО
ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент– 2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером B2022.3.PhD/T3103

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета по адресу (www.tdtu.uz) и информационно-образовательном портале «Ziyounet» по адресу (www.ziyounet.uz).

Научный руководитель:	Хасанов Абдирашид Салиевич доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Норхуджаев Файзулла Рамазонович доктор технических наук, профессор
Ведущая организация:	Самадов Алишер Усманович доктор технических наук, профессор
	Навоийский государственный горно-технологический университет

Защита диссертации состоится “12” июня 2023 г. в 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.T.03.04 при Ташкентском государственном техническом университете и Национальном университете Узбекистана. (Адрес: 100095, г. Ташкент, Алмазарский район, ул. Университетская, 2. Тел./факс: (99871) 227-10-32, e-mail: (tadqiqotch@tdtu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрирована за № 328) (Адрес: 100095, г. Ташкент, Алмазарский район, ул. Университетская, 2. Тел./факс: (99871) 227-10-32).

Автореферат диссертации разослан “27” мая 2023 года.
(реестр протокол рассылки № 166 от “27” мая 2023 года).



К.А.Каримов

Председатель научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, профессор

Ш.Б.Ташбулатов

Учёный секретарь научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор философии по техническим наукам (PhD), доцент

И.Д.Тураходжаев

Председатель Научного семинара при научном
совете по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В эпоху мирового производства меди пирометаллургическим способом особое значение приобретает снижение содержания меди в шлаках медного производства и дополнительное сбережение углеродсодержащих восстановителей. Вместе с этим одной из важных задач является исследование физико-химических процессов, происходящих при переработке шлаков медного производства с восстановителями на основе традиционной технологии с последующим обезмеживанием в плавильных печах. В связи с этим в развитых странах, включая США, Японию, Россию и странах-лидерах по переработке медного сырья таких как Чили, Китай, Перу, Австралии и других странах, особое внимание уделяется уменьшению потерь меди с отвальным шлаком при переработке медных концентратов.

В мире ведутся широкомасштабные научно-исследовательские работы по разработке технологий, обеспечивающих ресурсосбережение при производстве металла и его сплавов. В этом направлении важное значение приобретает разработка технологии извлечения меди из шлаков медного производства путем восстановления магнетита, негативно влияющего на процесс, а также разработка эффективной технологии переработки шлаков медного производства с высоким содержанием железа и кремния. Вместе с этим важным является разработка ресурсосберегающей технологии при переработке шлаков медного производства. В нашей республике разрабатываются меры по организации современного производства меди в период, когда на переработку непрерывно поступают концентраты с различных месторождений, а также меры по контролю за изменением во времени характеристик процесса переработки шлаков медного производства под воздействием внешних условий.

В новой стратегии развития Узбекистана на 2022-2026 годы определены задачи, направленные на “Увеличение объемов производства медной и другой продукции в 2 раза за счет организации кластера медной промышленности и создание базы для производства продукции на сумму 8 миллиардов долларов”. В число этих задач также входят и научные исследования, направленные на разработку новых энерго-и ресурсосберегающих технологий переработки металлосодержащих технологических отходов производства меди, обеспечивающих увеличение производства цветных металлов. Реализация этих задач, в том числе исследование процессов переработки шлаков медного производства на основе технологии, обеспечивающей показатели качества производительности агрегата и получаемой продукции, а также разработка сберегающих технологий является одной из важных задач.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан от 28 июня 2022 года № УП-295 “О мерах по расширению технологических цепочек переработки сырья меди и редких металлов”, от 21 апреля 2017 года № УП-5024 “О совершенствовании системы государственного управления в области экологии и охраны окружающей

среды”, от 30 октября 2019 года № УП-5863 “Об утверждении концепции охраны окружающей среды Республики Узбекистан на период до 2030 года”, в Постановлениях Президента от 26 декабря 2016 г. № ПП-2698 “О мерах по продолжению реализации перспективных проектов локализации производства готовых видов продукции, комплектующих изделий и материалов в 2017-2019 гг.”, от 27 апреля 2018 г. № ПП-3682 “О дальнейшем совершенствовании системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов”, от 24 июня 2021 года № ПП-5159 “О дополнительных мерах по развитию горно-металлургической промышленности и смежных с ней отраслей”, а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики: II. “Энергетика, энерго- и ресурсосбережение”.

Степень изученности проблемы. Учеными всего мира проведено множество исследований по усовершенствованию переработки сульфидных медных концентратов в плавильных печах. Ведущие ученые мира такие как: Traista E., Wan X., Marija V., Vrasquez B.R., Phiri T., Covic M.B., Liu K., Торсу М.А., Рекка Н. проводили научно-исследовательские работы по оптимизации процессов переработки сульфидных медных концентратов в плавильных печах. В результате этих исследований было достигнуто повышение производительности плавильных отражательных печей, предназначенных для переработки сульфидных медных концентратов. Narjis A., Aberkouks A., Nicolle M., Karonen J., Bill J.L., Briffa T.E., Fountain C.R., Tuppurainen J.M., Phillip J., Davenport W.G. разработали метод применения восстановителей и сульфидизаторов при переработке сульфидных медных концентратов в плавильных печах, в результате были достигнуты повышение производительности плавильных печей и повышение качества продукции.

В работах ученых из СНГ таких как: Миховский М., Димитрова Д., Панюшкина А., Фомченко Н., Муравьев М., Тимур С., Марченко Н.В., Словиковский В.В., Гуляева А.В., Ушаков Н.Н., Чаленко В.В. полностью исследованы причины образования веществ, приводящих к потере меди при переработке сульфидных медных концентратов в плавильных печах, в результате чего был разработан метод, обеспечивающий снижение образования этих веществ. Воронин П.А., Анкушева П.С., Алаева И.П., Фомичев А.В., Блинов И.А., Артемьев Д.А. добились изменения теплотехнических режимов плавильных печей в технологических процессах плавки медного сырья применения такие восстановители как кокс, каменный уголь. Также в Узбекистане ведутся научно-исследовательские работы по совершенствованию технологии переработки сульфидных медных концентратов в плавильных печах (К.Санакулов, А.Атаханов, Н.Аскарлова, А.Хасанов, А.Юсупходжаев, М.Якубов, Ш.Хожиев Ш.Мухаметжанова, Б.Бердияров и др.). Узбекские

ученые А.А. Юсупходжаев, М.М.Якубов разработали технологию уменьшения потерь меди до 20% при переработке конверторных шлаков медного производства клинкером цинкового производства. А.С. Хасанов разработал термогравитационный метод переработки шлаков медного производства в жидком состоянии.

Несмотря на многочисленные научные результаты, достигнутые в области усовершенствования процесса переработки сульфидных медных концентратов в плавильных печах, существует множество проблем, которые еще не нашли решения: отсутствие возможности выделения флотационным обогащением оксидных соединений меди, содержащихся в твердых шлаках в отвалах, низкая степень извлечения меди из шлака в раствор при гидрометаллургическом выщелачивании, большие затраты энергии и средств на дробление и измельчение медных шлаков с содержанием фаялита, недостаточно определены факторы влияющие на образование магнетита, негативно влияющего на процесс обеднения шлаков в металлургических печах. Чтобы найти решение для вышеперечисленных проблем, необходимо свести к минимуму количество вредных соединений, обезмеживание шлака по отношению к меди, обработать их в первичной восстановительной среде перед получением шлака оптимального состава, из-за дороговизны применяемых при восстановлении восстановителей для разработки относительно более эффективной технологии переработки шлаков медного производства в плавильных печах в сочетании с сульфидными медными концентратами или для дальнейшего усовершенствования существующих технологий необходимо проведение исследований.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего учебного учреждения, где выполняется диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках НИР Ташкентского государственного технического университета по теме AL-592102410 “Исследование эффективной технологии и оборудования кондиционирования при флотации минералов на основе межфазных микро-/нано-пузырьковых групп” (2023), хозяйственного договора № 63-172 юр х/д 5/20 «Анализ вещественного состава вторичных техногенных отходов АО «Алмалыкский ГМК» для определения ресурса редких, рассеянных, благородных, цветных и черных металлов» (202-2021), хозяйственного договора № 63-9845 юр х/д “Применение в производстве конверторных шлакови оборотных материалов медного завода, переработка клинкера цинкового завода с получением дополнительных металлов ” (2021-2022).

Цель исследования: Повышение эффективности производства меди на основе усовершенствования технологии переработки сульфидных медных концентратов в плавильных печах.

Задачи исследования:

- анализ данных по существующим технологиям и свойствам переработки сульфидных медных концентратов в плавильных печах;
- изучение взаимодействия местных восстановительных материалов с высокотемпературным жидким шлаком с целью разработки эффективной технологии обеднения конвертерного шлака в плавильных печах;
- определение степени восстановления магнетита сульфидированием с применением сернистого соединения, а также клинкера;
- исследование распределения концентрации меди по высоте шлака с целью уменьшения потерь меди со шлаком в отражательных печах.

Объектами исследования являются шлаки медного производства, образующиеся в процессе конвертирования, клинкер цинковой промышленности и местное серосодержащее сырье.

Предметом исследования является усовершенствование технологии обезмеживания в отражательной печи предварительной обработкой конвертерных шлаков восстановительно-сульфидирующим композициям.

Методы исследования. В ходе исследований применены современные теоретические и практические комплексные методы исследования, методы термодинамического анализа, лабораторные, полупромышленные и промышленные испытания, гранулометрический анализ, для определения химического и вещественного состава дисперсионно-люминесцентный рентгено спектральный анализ с применением спектрометра марки NEX CG RIGAKU, использовались методы микроскопического анализа на сканирующем электронном микроскопе марки JEOL JSM-IT 200.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана технология переработки жидкого конвертерного шлака на основе химического состава восстановительно-сульфидирующей композиции с содержанием углерода и серы, применяемая для уменьшения количества магнетита в шлаке;

разработана технология уменьшения количества меди, выделяемой из шлака на основе комплексной переработки конвертерного шлака в отражательной печи с участием смеси сернистого соединения и клинкера;

разработан эффективный метод разложения магнетита в жидком конвертерном шлаке с использованием сернистого соединения размером 20-25 мм и клинкерной смеси размером 10-15 мм;

разработана технология уменьшения количества меди в шлаке за счет частичного изменения высоты шлаковыпускного отверстия отражательной печи.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработан метод для улучшения извлечения меди из жидкого конвертерного шлака восстановлением магнетита в шлаке с помощью восстановительно-сульфидирующего композита;

разработана технология обезмеживания жидкого конвертерного шлака оптимального состава с пониженным содержанием магнетита и сохранением сульфидированных соединений меди в отражательной печи;

доказана целесообразность расчетов изменения энтальпий, энтропий и энергий Гиббса окислительно-восстановительных химических реакций, протекающих в системе шлака, восстановителя и сульфидирующего вещества, свободной энергии реакции при различных температурах, скорости, а также изменений констант равновесия при первичной обработке жидких конвертерных шлаков восстановительно-сульфидирующим композитом;

установлено, что содержание меди в шлаке снижается с 0,82% до 0,45% при его обезмеживании первичной обработкой жидких конвертерных шлаков восстановительно-сульфидирующей композицией.

Достоверность полученных результатов. Достоверность результатов исследований, полученных на основе четко поставленной задачи определяется количеством экспериментальных исследований, проведенных при обработке жидких конвертерных шлаков в плавильной печи в сочетании с медным концентратом, и обработкой полученных результатов на основе термодинамических расчетов, химическим анализом меди, железа, серы, кремния и других компонентов в шлаке, показателями физико-химических свойств, определяемыми на основе применения современных методов и технологий, а также определена сопоставлением экспериментальных-результатов.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследований заключается тем, что в результате применения в качестве восстановительно-сульфидирующей композиции из смеси клинкера цинкового производства и технической серы при первичной обработке шлаков медеплавильного производства происходит сульфидирование окисленных соединений меди в конверторных шлаках, восстановление магнетита, барботаж жидкого шлака технологическими газами, выделяемыми при восстановлении, повышение коалесценции мелких капель штейна в результате барботажа, уменьшение содержания в шлаках вредного соединения – магнетита и, как следствие, снижение вязкости, плотности, увеличение текучести шлака уменьшение образования вредных настывлей шлака, а также ускорением осаждения капель штейна или меди, оставшихся в шлаке в основной слой штейнана дне печи.

Практическая значимость результатов исследований заключается в повышении степени извлечения меди в готовую продукцию за счет извлечения меди из шлака, переработка шлаков в жидком виде позволяет экономить расход топлива, а применение дешевой технической серы и клинкера техногенного отхода в качестве восстановительно-сульфидирующей композиции позволяет снизить затраты на переработку конвертерного шлака, появление возможности использования полученных в результате переработки обезмеженных шлаков в качестве сырья для строительств, для проведения исследований не требуется

никакого дополнительного оборудования, отсутствием отклонения от технологической схемы производства меди.

Внедрение результатов исследования. На основании полученных научных результатов по усовершенствованию технологии переработки сульфидных медных концентратов в плавильных печах:

На медеплавильном заводе (МПЗ) АО “АГМК” внедрена технология переработки шлака смесью сернистого соединения и клинкера для снижения содержания магнетита (Fe_3O_4) в конвертерном шлаке, перерабатываемом в отражательной печи. (Справка АО “АГМК” от 12 января 2023 г. № 63-03). Благодаря этому было достигнуто снижение содержания магнетита в шлаке на 6%.

На медеплавильном заводе (МПЗ) АО “АГМК” внедрена технология переработки жидкого конвертерного шлака с использованием смеси сернистого соединения и клинкера сначала в металлургическом ковше, а затем его обезмеживание в отражательной печи. (Справка АО “АГМК” от 12 января 2023 г. № 63-03). В результате внедрения достигнуто снижение потерь меди шлаком на 19,2 %;

На медеплавильном заводе АО “АГМК” (МПЗ) внедрена технология частичного изменения высоты шлаковыпускного отверстия отражательной печи путем разложения магнетита в шлаке с помощью смеси сернистого соединения размером 20–25 мм и клинкера размером 10-15 мм с целью увеличения поверхности взаимодействия соединений серы с жидким конвертерным шлаком с последующим его обезмеживанием в печи. (Справка АО “АГМК” от 12 января 2023 г. № 63-03). В результате скорость перехода меди из шлака в штейн повышается на 0,5-0,6%. Сумма внедрения составила 986 890 000 сумов.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований диссертации обсуждались на 3 международных и 4 республиканских научно-практических конференциях и симпозиумах.

Публикация результатов исследования. Всего опубликовано 20 научных работ по теме диссертации. В научных изданиях ВАК Республики Узбекистан, рекомендованных к публикации основных научных результатов докторских диссертаций, опубликовано 9 статей, в том числе 3 в республиканских и 6 в зарубежных журналах.

Структура и объем диссертации. Содержание диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертационной работы, определены цель и задачи исследования, объект и предмет исследования, указано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и техники Республики Узбекистан, изложены научные новизна и практические результаты исследования, обоснована их достоверность, раскрыта научно-практическая значимость полученных результатов, показана апробация работы, даны сведения о внедрении в практику результатов исследования по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **“Современное состояние и перспективы переработки сульфидных медных концентратов”**, проанализировано современное состояние усовершенствования существующих технологий переработки сульфидных медных концентратов в плавильных печах и внедрение безотходных технологий обезмеживания шлаков. Производство меди пирометаллургическим способом характеризуется большим выходом шлака по сравнению с расплавленным металлом. Иногда количество шлака при плавке в десятки раз превышает количество ценных промежуточных продуктов, обогащенных металлом. Поэтому, несмотря на относительно низкое содержание меди в шлаке в плавильных печах, общие потери в процессах значительны. Например, содержание меди в шлаках отражательной печи колеблется в пределах 0,45-0,65%, в шлаках, образующихся в кислородно-факельной плавильной печи, колеблется в пределах 0,6-0,9%, а содержание меди в конверторных шлаках составляет в среднем 3,5%. Все известные способы переработки шлаков, образующихся при производстве меди, можно разделить на следующие основные направления: гидromеталлургия; флотация; пирометаллургия; комбинированная. Каждое направление имеет свои преимущества и недостатки. Их применение определяется составом сырья, способом плавки и конкретными условиями работы предприятий.

Во второй главе диссертации **“Выбор объектов исследования и методы исследований по усовершенствованию технологии переработки сульфидных медных концентратов”** описан выбор объектов исследования, были представлены анализы химического состава используемого сырья, а также использованы современные методы и приборы для изучения их химических и физических свойств. В качестве основных объектов исследования был выбран жидкий конверторный шлак медеплавильного завода АО “Алмалыкский ГМК” и предложено использование восстановительно-сульфидирующей композиционного состава для снижения количества магнетита в шлаке. Для приготовления восстановительно-сульфидирующей композиции нового состава в качестве сульфидирующих компонентов использовали техническую серу и пиритный концентрат, а в качестве восстанавливающего компонента использовался клинкер цинкового производства. Основными объектами исследования были магнетит (Fe_3O_4), железо, медь и сера.

В третьей главе диссертации “Разработка теоретических основ физико-химических процессов между жидким конвертерным шлаком и восстановительно-сульфидирующей композицией” выявлены и проанализированы основные факторы, влияющие на количество меди в жидком конвертерном шлаке при переработки жидкого конвертерного шлака, изучены реакции восстановления с точки зрения термодинамических аспектов протекающих в системе шлак, восстановитель и сульфидирующий компонент при термической переработке шлака, показаны данные по распределению меди по высоте жидкого шлака, а также даны результаты анализа исследований.

С термодинамической точки зрения разработаны теоретические основы процесса получения оптимального состава шлаков путем обработки оксидов металлов, содержащихся в шлаках медного производства восстановительно-сульфидирующей композицией. Составлен механизм химических реакций восстановления оксидов металлов, содержащихся в шлаках медного производства в присутствии углерода и диоксида углерода реакций.

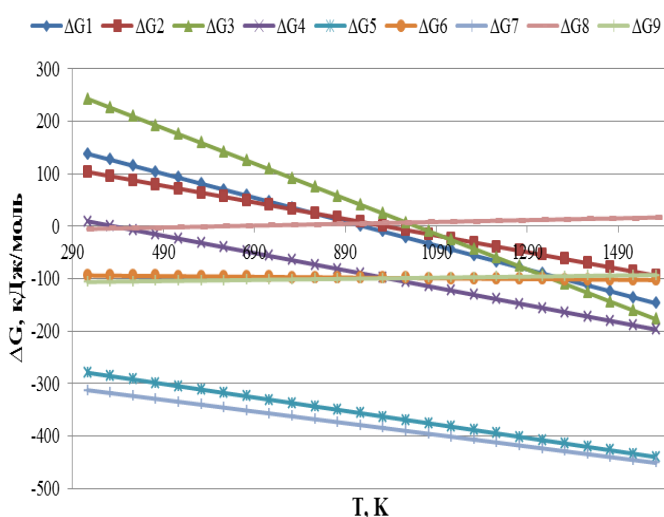


Рис. 1. Общая диаграмма Эллингема реакций восстановления, протекающих в системе конвертерного шлака и клинкера

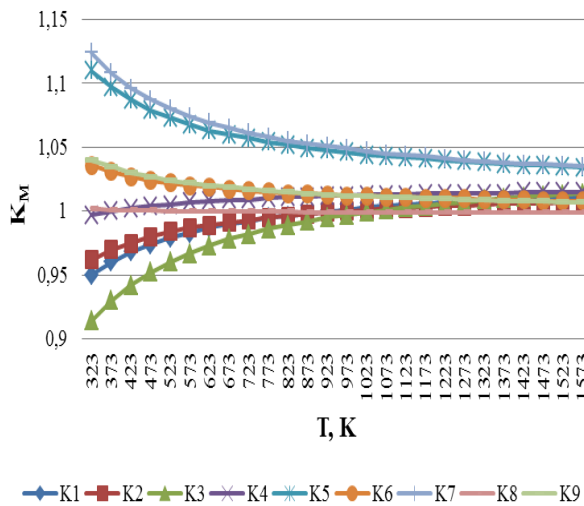


Рис.2.Изменение константы равновесия при восстановлении конвертерных шлаков клинкером цинкового производства в зависимости от температуры

Исследовано влияние повышения температуры на изменение энергии Гиббса (рис.1) и константы равновесия (рис.2) в химических реакциях восстановления оксидов металлов, содержащихся в жидком конвертерном шлаке, с помощью восстановителей клинкера. Соответственно, при начальной температуре жидкого конвертерного шлака (при 1100-1200 °С) все реакции восстановления восстановителями в клинкере имеют положительные показатели, т.е. все химические реакции протекают с практической точки зрения. Было установлено полное соответствие значений и полученных результатов термодинамического анализа процесса восстановления оксидов металлов, содержащихся в шлаках медного производства клинкером при сравнении с экспериментальными результатами, полученными из производственной практики.

Разработан простой и логичный механизм процесса сульфидирования магнетита технической серой в жидком конвертерном шлаке. В соответствии с разработанным механизмом были исследованы термодинамические аспекты химических реакций, протекающие на границе контакта магнетита и технической серы.

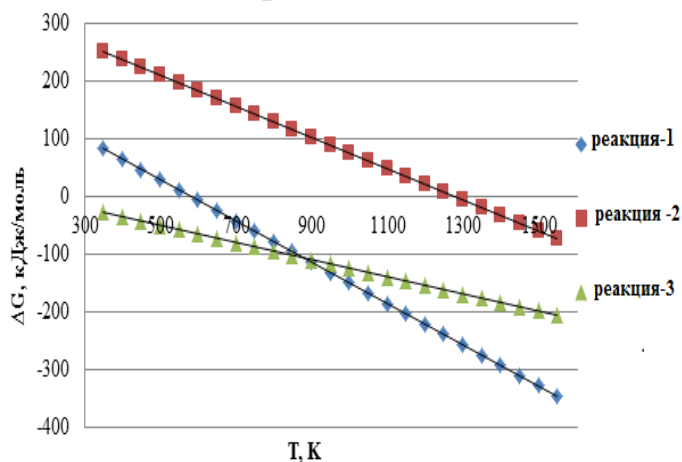


Рис.3. Общая диаграмма Эллингема реакций сульфидирования, протекающих в системе магнетита и технической серы

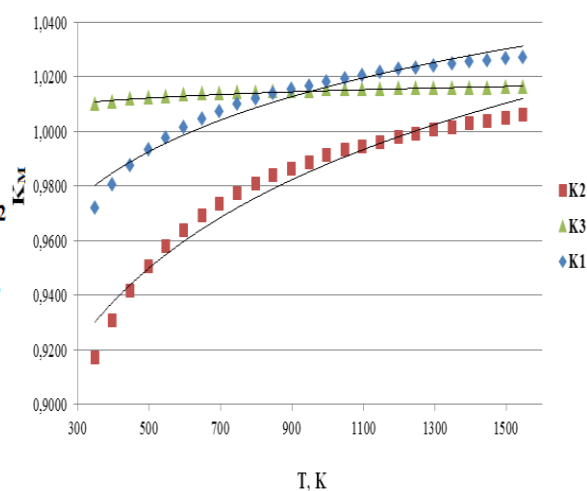


Рис.4. Изменение константы равновесия в зависимости от температуры в процессе сульфидирования магнетита с серой

По результатам термодинамических расчетов установлено, что среди протекающих в системе магнетита и технической серы химических реакций наиболее медленно протекающей (лимитирующей) стадией является химическая реакция восстановления магнетита до вюститита (рис.3) и, соответственно, для общего процесса сульфидирования установлена оптимальная температура 1473 К (1200 °С) (рис.4).

С целью определения оптимальной высоты порога отливки медных шлаков из плавильных печей с минимальным содержанием меди вначале необходимо будет определить степень распределения меди по высоте шлакового раствора.

Таблица 1

Химический состав образца, полученного из сырья смешанных медных концентратов

Количество компонентов, %.									
Cu	Pb	Zn	Mo	Fe	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	прочие
16,9	0,02	0,03	0,04	31,3	30,8	15,3	2,13	1,1	2,38

Для разжижения медной шихты в лабораторных условиях был выбран специальный тигель. Где: h_1 - высота рабочей зоны тигля; h_2 - высота слоя жидкого продукта; h_3 -высота свободной зоны в тигле.

Толщина слоя шлака составила $h_2=72$ мм, при разделении слоя на 6 частей толщина каждого слоя составила $72:6=12$ мм. Из каждого 12-миллиметрового слоя расплава отбирались пробы и направлялись на химический анализ. Химический состав по 6 слоям представлен на рисунке 5- 6.

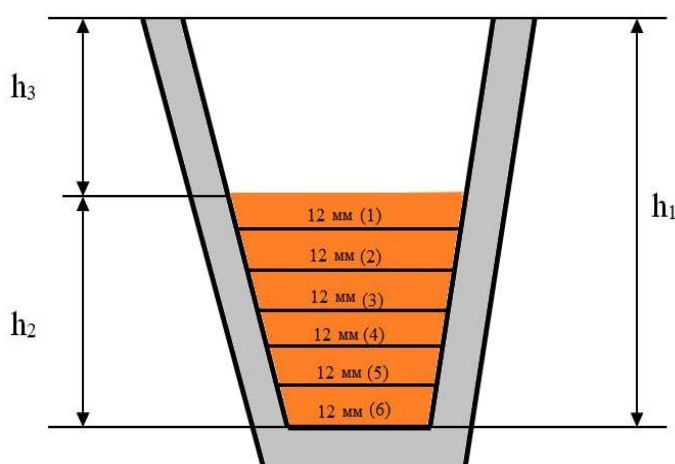


Рис.5. Специальный тигель для расплавления медной шихты в лабораторных условиях

№ образцы	Количества меди, %
1	0,72
2	1,24
3	3,70
4	11,33
5	15,41
6	18,20

Рис.6. Распределение меди по высоте расплава

В четвертой главе диссертации **“Исследование по определению основных технологических параметров извлечения меди из жидких конверторных шлаков”**, освещается апробация результатов, внедрение в производство технологии улучшения физико-химических свойств шлака, переработкой конверторных шлаков восстановительно-сульфидирующей композицией.

По результатам проведенных научно-исследовательских работ были внесены изменения в технологию переработки жидких конверторных шлаков в отражательной плавильной печи, т.е. при первичной переработке жидких конверторных шлаков перед заливкой их в печь в качестве восстановителя использовались клинкеры цинковой промышленности, а в качестве сульфидирующего вещества техническая сера. Остальные технологические процессы остались неизменными. В целях проведения сравнительного анализа составлены схема традиционного производства меди АО “Алмалыкский КМК” (рис.7) и технологические схемы разработанного усовершенствованного процесса (рис. 8).

Преимущество данной технологии заключается в том, что предлагаемый процесс осуществляется при производстве меди без выхода из общего технологического цикла и при этом повышается степень извлечения меди из конверторных шлаков. Кроме того, данная технология не требует дополнительных технических сооружений и аппаратов.

Результат промышленных испытаний по переработке конверторных шлаков с использованием восстановительно-сульфидирующей композиции показал, что при увеличении расхода восстановительно-сульфидирующей композиции в реакционной системе количество соединений магнетита и оксидно меди в шлаке уменьшается. На графике, изображенном на рисунке 9, наблюдается максимальное снижение количества соединений магнетита и оксидной меди в конвертерном шлаке, когда расход восстановительно-сульфидирующей композиции составляет 10,8% от массы исходного шлака.

На основе применения технологии восстановления магнетита при переработке жидких конверторных шлаков в металлургическом ковше с использованием восстановительно-сульфидирующей композиции были получены следующие технологические показатели: найдены оптимальные показатели расхода восстановительно-сульфидирующей композиции, расходуемой в процессе восстановления. При этом расход восстановительно-сульфидирующей композиции составил 10,8% по отношению к массе шлака. Т.к. из графика, представленного на рисунке 9, видно, что при достижении

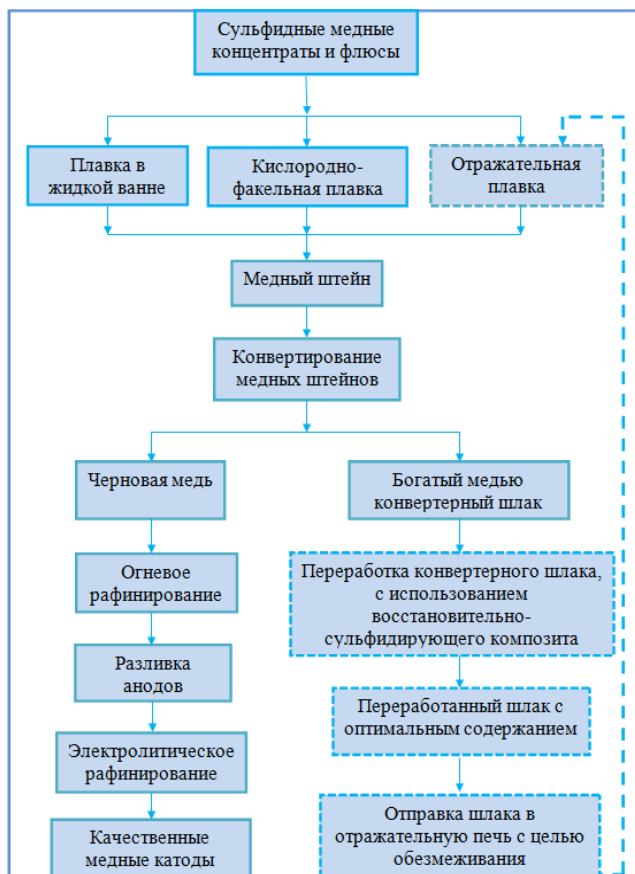


Рис.7. Традиционная технологическая схема производства меди в масштабах АГМК

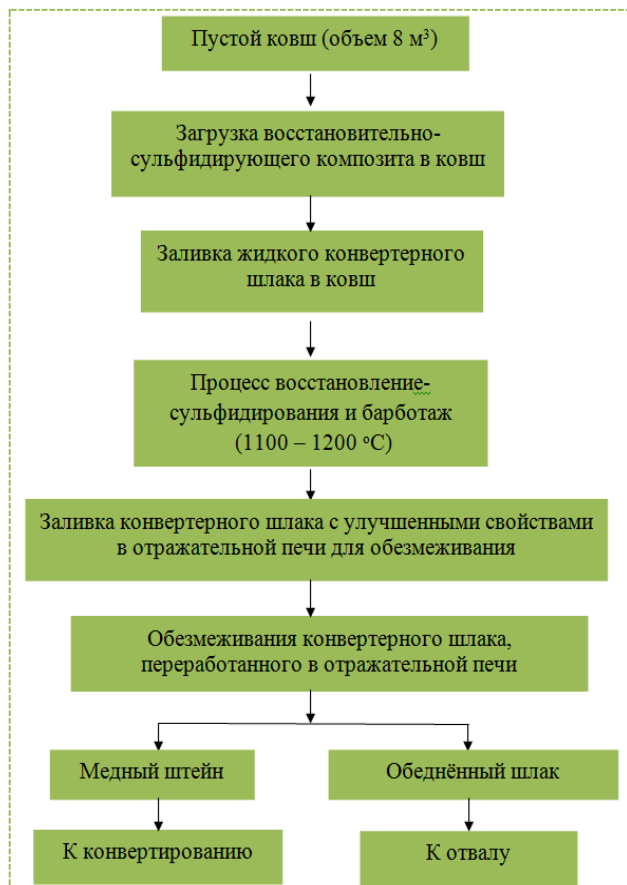
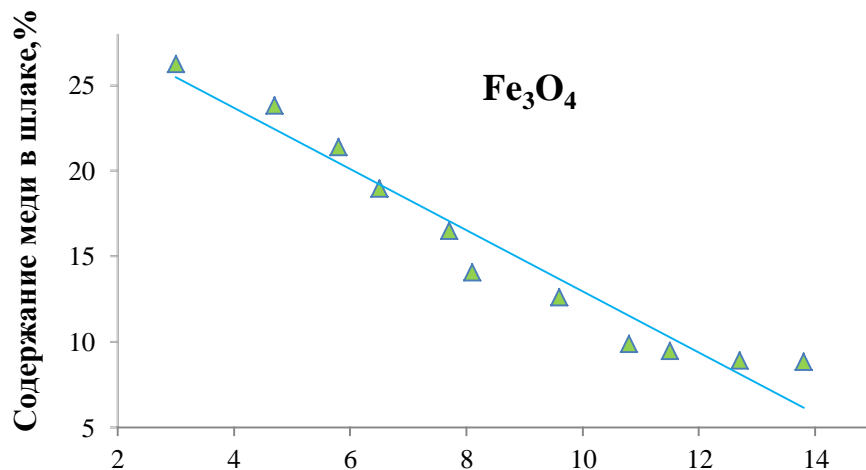


Рис.8. Предложенная технологическая схема переработки жидкого конвертерного шлака с использованием восстановительно-сульфидирующим композитом

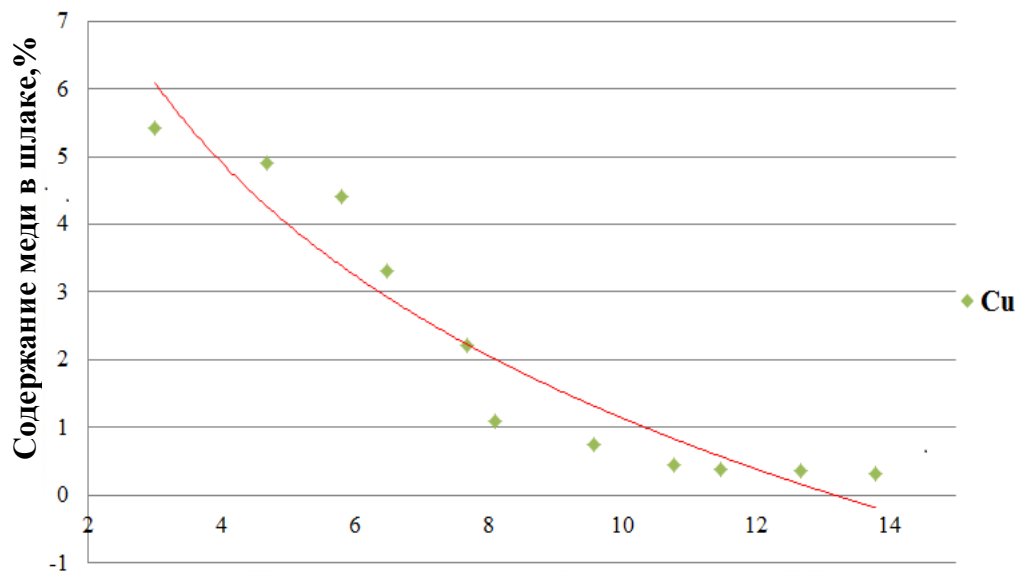
расхода восстановительно-сульфидирующей композиции 10,8% количество магнетита в шлаке резко уменьшилось, а при более высоких значениях разность кривых восстановления не составила высоких значений по сравнению с предыдущими значениями;

установлено, что содержание меди в конвертерном шлаке уменьшается с увеличением количества восстановительно-сульфидирующей композиции в шлаке (рис.10). В результате определено уменьшение количества потерь меди со шлаком на 19,2% меди во время последующего процесса обезмеживания в отражательной печи;



Расход восстановительно-сульфидирующего композита, %

Рис.9. Связь между увеличением расхода восстановительно-сульфидирующей композиции и уменьшением количества магнетита в конвертерном шлаке



Расход восстановительно-сульфидирующего композита, %

Рис.10. Связь между увеличением расхода восстановительно-сульфидирующей композиции и уменьшением содержания меди в конвертерном шлаке

установлено, что при расходе восстановительно-сульфидирующей композиции 10,8% общее содержание меди в шлаке снизилось до 0,45%. Это хорошо видно по графику, изображенному на рисунке 10. При превышении и установленного оптимального количества восстановительно-сульфидирующей композиции снижение содержания меди в шлаке существенно не изменилось;

при изучении распределения меди по высоте вторичного шлакового расплава, образующегося при обезмивании жидкого конвертерного шлака, обработанного восстановительно-сульфидирующей композицией, в отражательной печи с содержанием меди 0,45%, было установлено, что

повышение порога слива шлака до 50 мм снижает механические потери меди со шлаком.

На основе проведенных исследований разработана технологическая и схема цепи аппаратов переработки жидких конверторных шлаков на основе восстановительно-сульфидирующей композиции, а также определены основные технико-экономические показатели процесса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследований, проведенных в диссертации на тему “Усовершенствование технологии переработки сульфидных медных концентратов в плавильных печах”, представлены следующие выводы:

1. С целью снижения потерь меди со шлаком было определено количество расходуемой восстановительно-сульфидирующей композиции для переработки жидкого конвертерного шлака. Эти данные служат для уменьшения потерь меди шлаком.

2. Разработан оптимальный способ заливки жидкого конвертерного шлака на поверхность предварительно загруженной в пустой ковш шихты из восстановительно-сульфидирующей композиции. Этот метод служит для разработки эффективной технологии переработки шлаков медного производства с использованием высокотемпературного тепла конвертерного шлака.

3. Разработана технология переработки жидкого конвертерного шлака с температурой в пределах 1100-1200 °С в ковше в присутствии восстановительно-сульфидирующей композиции с последующим его обезмеживанием в плавильной отражательной печи. На основании этих данных использование клинкеров цинковой промышленности в качестве восстановителя, сернистых соединений в качестве сульфидирующего агента служит для уменьшения количества магнетита в составе конвертерного шлака.

4. Определено, что газы, образующиеся в результате реакций восстановления и сульфидирования, барботируют и перемешивают жидкую шлаковую ванну, что приводит к более быстрой коалесценции мелких частиц штейна в системе жидкого шлака. Ускорение коалесценции служит для быстрого объединения частиц вещества, близких друг к другу по составу и свойствам частиц с разделением на отдельные (шлак, металл, штейн) фазы;

5. Установлено, что переработка жидких конверторных шлаков восстановительно-сульфидирующей композицией не влияет на технологическую схему переработки медных шлаков традиционным способом. Применение предложенного метода на основе этих данных служит для того, чтобы не отклоняться от существующей технологической схемы;

6. Установлено, что количество восстановительно-сульфидирующей композиции, расходуемой при восстановлении магнетита в конвертерном

шлаке, составляет 10,8% по отношению к массе шлака. Полученные результаты служат для снижения содержания магнетита в конвертерном шлаке на 6 %;

7. С целью увеличения поверхности взаимодействия восстановительно-сульфидирующей композиции с жидкими конверторными шлаками была внедрена технология восстановления жидких конверторных шлаков со снижением магнетита сначала в металлургическом ковше с использованием смеси клинкера размером 10-15 мм и сернистого соединения размером 20-25 мм и последующей обезмеживанием в отражательное печи. Это служит для повышения степени перехода меди из шихты в состав штейн на 0,5-0,6 %;

8. Разработана принципиальная технологическая схема переработки жидкого конвертерного шлака сначала в металлургическом ковше с последующим обезмеживанием в отражательное печи. Эти результаты служат для усовершенствования технологии переработки шлаков медного производства на основе использования местных вторично образующихся техногенных отходов;

9. По предложенной технологии при первичном восстановлении жидких конверторных шлаков с использованием восстановительно-сульфидирующей композиции при их обезмеживании в печи было достигнуто снижение содержания меди в шлаках печи с 0,82% до 0,45%. В результате за счет увеличения степени извлечения меди будет достигнут экономический эффект в размере 986 890 000 (девятьсот восемьдесят шесть миллионов восемьсот девяносто тысяч) сумов в год.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES OF
DSc.03/30.12.2019.T.03.04 UNDER TASHKENT STATE TECHNICAL
UNIVERSITY**

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

OCHILDIEV KAKHRAMON TOSHEMIROVICH

**IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY FOR PROCESSING SULFIDE
COPPER CONCENTRATES IN SMELTING FURNACES**

05.02.01 – Materials science in mechanical engineering. Foundry. Heat treatment and processing of metals under pressure. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals. Technology of rare, noble and radioactive elements (in the direction of foundry production and metal processing technology)

**DISSERTATION ABSTRACT FOR THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) OF
TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2023

The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2022.3.PhD/T3103

The dissertation has been carried out at the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (uzbek, russian, english (resume)) on the scientific council website (www.tdtu.uz) and on the website of «Ziyonet» Information and educational portal (www.ziyonet.uz).

Scientific supervisor:	Khasanov Abdirashid Salievich doctor of technical sciences, professor
Official opponents:	Norkhudjayev Fayzulla Ramazanovich doctor of technical sciences, professor Samadov Alisher Usmanovich doctor of technical sciences, professor
Leading organization:	Navoi State University of mining and technology

The defense of the dissertation will be held at "14⁰⁰" on "12" June in 2023 at the meeting of the Scientific Council DSc.03.30.12.2019.T.03.04 at the Tashkent State Technical University (Address: 100095, Tashkent, University street, 2, tel/fax.: (99871) 227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz).

The dissertation has been registered at the Information Resource Center (IRC) of the Tashkent State Technical University under № 328 (Address: 100095, Tashkent, University street, 2, tel/fax.: (99871) 227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz).

The abstract of the dissertation is distributed on "27" May in 2023 year.

Protocol at the register № 166 dated on "27" May in 2023 year.



K.A. Karimov

Chairman of the scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

Sh.B. Tashbulatov

Secretary of the scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of philosophy (PhD)
technical science, dosent

N.D. Turakhodjaev

Chairman of scientific seminar at scientific
council on awarding of scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is to increase the efficiency of copper production based on the improvement of the technology of processing sulfide copper concentrates in melting furnaces.

The object of the research is the slag formed during the conversion process in the production of copper, zinc clinker industry and local raw materials containing sulfur.

The scientific novelty of a research consists in the following:

it was developed that for processing liquid converter slag with reducing-sulfidating composites based on its chemical composition, in which carbon and sulfur are preserved, to reduce the amount of magnetite in the slag;

it was developed that to reduce the amount of copper extracted from slag based on the complex processing of converter slag in a reflecting furnace with the participation of a sulfur compound and a clinker mixture;

it was developed that an effective method of decomposition of magnetite in liquid converter slag using a sulfur compound with a size of 20-25 mm and a clinker mixture with a size of 10-15 mm;

it was developed that to reduce the amount of copper in the slag by partially changing the height of the slag outlet of the reverberatory furnace.

Implementation of the research results. Based on the obtained scientific results on improving the technology of processing copper sulfide concentrates in smelting furnaces:

the copper smelting plant (CSP) of JSC “AMMC” has introduced a technology for processing slag with a mixture of sulfur compounds and clinker to reduce the content of magnetite (Fe_3O_4) in converter slag processed in a reflective furnace. (reference of JSC “AMMC dated January 12, 2023 No. 63-03). Due to this, a reduction of the magnetite content in the slag by 6% was achieved.

at the copper smelting plant (CSP) of JSC AMMC, the technology of processing liquid converter slag using a mixture of sulfur compound and clinker was introduced first in a metallurgical ladle, and then its decontamination in a reflecting furnace. (reference of JSC “AMMC dated January 12, 2023 No. 63-03). As a result of the implementation, a reduction in copper slag losses was achieved by 19.2 %;

the technology of partially changing the height of the slag outlet of the furnace by decomposing magnetite in the slag using a mixture of a sulfur compound with a size of 20-25 mm and a clinker with a size of 10-15 mm, followed by its decontamination in a reflective furnace in order to increase the interaction surface of sulfur compounds with liquid converter slag was introduced at the copper smelting plant of JSC “AMMC” (CSP). (reference of JSC “AMMC dated January 12, 2023 No. 63-03). As a result, the rate of transition of copper from slag to matte increases by 0.5-0.6%. The amount of implementation amounted to 986,890,000 soums.

The structure and volume of the thesis. The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, the list of references, applications. The volume of the dissertation is 120 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I часть; part I)

1. Khasanov A.S., Ochildiyev Q.T., Berdiyarov B.T., Khojiev Sh.T., Matkarimov S.T. Study thermodynamics of the magnetite sulfidation in copper smelting processes // Technical science and innovation. – Tashkent, 2022. – № 2. – P. 19–27. (05.00.00; № 16)
2. Sokhibjon T. Matkarimov, Sardor Q. Nosirkhudjayev, Qakhramon T. Ochildiyev, Oybek U. Nuraliyev, Begzod R. Karimdjonov. Technological Processes of Receiving Metals in The Conditions of Moderate Temperatures // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. – India, – Vol.8, Issue 12. October 2019. – P. 1826 –1828. (05.00.00; № 3)
3. Matkarimov S.T., Berdiyarov B.T., Nosirkhujaev S.K., Ochildiyev K.T., Majorie B.L. Processing of slags of copper manufacturing with the use of ideal mixing equipment // Technical science and innovation. – Tashkent, 2020. – № 3. – P. 227–233. (05.00.00; № 16)
4. Khasanov A.S., Ochildiev K.T., Khojiev Sh.T., Mutalibkhonov S.S. Determination of the theoretical viscosity of the converter slag and the factors affecting it // Kompozitsion materiallar. – Tashkent, 2023. – № 1. – P. 48-52. (05.00.00; № 13)
5. Yusupkhodjayev A.A., Valiyev X.R., Ochildiyev Q.T., Matkarimov S.T., Nuraliyev O.U., Jumankulov A.A. Development of Technology of Receiving Quality Raw Materials for Smelting of Steel from Local Iron Ore Fields // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – India, 2019. Vol. 6, Issue 2. – P. 8144 – 8149. (05.00.00; № 8)
6. Mukhamedzhanova, Sh., Nuraliyev, O., Ismailov, Z., Karimzhonov, B., Ochildiev, Q. Improvement of the Technology of Copper Production by Involving in the Processing of Industrial Waste JSC “Almalyk MMC” in Uzbekistan // Springer Nature Switzerland AG. International Scientific Conference “INTERAGROMASH”. 2023. Lecture Notes in Networks and Systems. vol 575. – P. 2193 – 2199. (05.00.00; № 3)
7. Ochildiev Q.T., Khasanov A.S., Khojiev Sh.T. Comparative evaluation of the efficiency of various materials in the process of reducing magnetite from slag melt // Universum: технические науки.–Москва, 2022. – № 11. – С. 22–24.(02.00.00; №1)
8. Khasanov A.S., Ochildiev Q.T., Khojiev Sh.T., Mashokirov A.A. Transfer of copper cations in iron vacancies of non-stoichiometric wustite in the magnetite phase // Universum: технические науки.–Москва, 2022.– №10. – С.19–22.(02.00.00; №1)
9. Khasanov A.S., Khojiev Sh.T., Ochildiev Q.T., Abjalova Kh.T. The main factors affecting the rate of separation of the slag and matte phases by their density: a general overview // Universum: технические науки. – Москва, 2022. – № 10. – С. 23–27. (02.00.00; № 1)

II bo'lim (II часть; part II)

10. Khasanov A.S., Berdiyarov B.T., Khojiev Sh.T., Ochildiev Q.T., Matkarimov S.T. Improvement of technology for processing sulfide copper concentrates in smelting furnaces // Proceedings of Uzbekistan-Japan International Conference on "Energy–Earth–Environment– Engineering", – Tashkent, November 17– 18, 2022. – P. 28.

11. Хасанов А.С., Бердияров Б.Т., Хожиев Ш.Т., Очилдиев К.Т., Курбонов Ж.М. Актуальные проблемы формирования кластера медной промышленности // Материалы международной научно-технической конференции «Риски, вызовы и проблемы XXI века в цифровой трансформации рационального и безопасного недропользования», – Ташкент, 21 мая 2022. – С. 301 – 305.

12. Ochildiyev Q.T., Xasanov A.S., Berdiyarov B.T., Hojiyev Sh.T. Metallarning shlak bilan mexanik isrof bo'lish sabablarini o'rganish // Материалы II-Республиканской научно-практической конференции с участием зарубежных ученых «Инновационные разработки и перспективы развития химической технологии силикатных материалов», – Ташкент, 19 января 2022 г. – С. 564–566.

13. Xasanov A.S., Ochildiyev Q.T., Berdiyarov B.T., Hojiyev Sh.T. Silikatli shlak tarkibidan rangli metallarni ajratib olish // Материалы II-Республиканской научно-практической конференции с участием зарубежных ученых «Инновационные разработки и перспективы развития химической технологии силикатных материалов», – Ташкент, 19 января 2022 г. – С. 568–571.

14. Hojiyev Sh.T., Berdiyarov B.T., Xasanov A.S., Ochildiyev Q.T. Xalkopirit mineralini oltingugurt bilan termik parchalash orqali hosil bo'luvchi silikatli shlaklar miqdorini kamaytirish// Материалы II-Республиканской научно-практической конференции с участием зарубежных ученых «Инновационные разработки и перспективы развития химической технологии силикатных материалов»,– Ташкент, 19 января 2022 г. – С. 556–558.

15. Хожиев Ш.Т., Исмаилов Ж.Б., Очилдиев К.Т., Шукуров М.С., Махмудова О.О. Анализ возможных химических реакций при обеднении медных шлаков // "Студенческий вестник": научный журнал, № 6. 4. Москва, «Интернаука», Февраль 2020 г. – С. 38 – 41.

16. Исмаилов Ж.Б, Очилдиев К.Т., Исмаилов Ж.Б. Переработка медных шлаков используя местных вторичных техногенных образований // Проблемы, перспективы и инновационный подход эффективной переработки минерального сырья и техногенных отходов. Материалы международной научно-практической онлайн конференции г. Алмалык, 27 мая 2021 г. – С. 107–108.

17. Xasanov A.S., Ochildiyev K.T. Mechanism of melting formation when smelting sulfide copper concentrates in a reflector furnace // International scientific and scientific-technical conference on "Resource and energy-saving innovative technologies in the field of foundry" – Tashkent, March 23-24, 2022.– P. 217-220.

18. Хожиев Ш.Т., Очилдиев К.Т., Хотамкулов В.Х. Переработка медно-алюмосиликатных руд // Наука и инновации в XXI веке: Актуальные вопросы,

открытия и достижения: сборник статей XI Международной научно-практической конференции. В 3 ч. Ч. 1. – Пенза: МЦНС “Наука и Просвещение”. – 2018. С. 142 – 144.

19. Ochildiyev K.T., Nosirhojayev S.K., Ismailov J.B. Improving the converting process in copper production // Международной научно-практической онлайн конференции «Проблемы, перспективы и инновационный подход эффективной переработки минерального сырья и техногенных отходов. – г. Алмалык, 27 Май, 2021. с. 115.

20. Очилдиев К.Т., Носирхужаев С.К., Исмаилов Ж.Б. Современное состояние переработки сульфидных медных концентратов в плавильных печах // “Республикада геология ўқитишининг долзарб муаммолари ва Ер фанлари истиқболлари” мавзусидаги республика миқёсидаги илмий ва илмий-техник анжуман. –Ташкент, 3-4 апрель –2020 й. б. 329 – 332.

Avtoreferat “ToshDTU xabarlari” ilmiy jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi va o‘zbek, rus, ingliz (rezyume) tillaridagi matnlar mosligi tekshirildi (23.05.2023 yil.)

Bosmaxona litsenziyasi:



9338

Bichimi: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» garniturası.
Raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog'i: 3,5. Adadi 100 dona. Buyurtma № 43/23.

Guvohnoma № 851684.
«Tipograff» MCHJ bosmaxonasida chop etilgan.
Bosmaxona manzili: 100011, Toshkent sh., Beruniy ko'chasi, 83-uy.