

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/30.12.2019.Т.03.04
РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ТАШБУЛАТОВ ШЕРЗОД БАХТИЯРОВИЧ

**Ишлаб чиқариш шлакларидан мис ва бошқа рангли металлларни
ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қуймакорлик. Металларга
термик ва босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металллар
металлургияси. Камёб, нодир ва радиоактив элементлар технологияси
(қуймачилик ва металлларга ишлов бериш технологияси йўналиши)**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

ТОШКЕНТ – 2020

Фалсафа доктори(PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Ташбулатов Шерзод Бахтиярович

Ишлаб чиқариш шлаklarидан мис ва бошқа рангли металлларни
ажратиб олиш технологиясини ишлаб
чиқиш.....3

Ташбулатов Шерзод Бахтиярович

Разработка технологии извлечения меди и других цветных металлов
из производственных шлаков.....21

Tashbulatov Sherzod Bakhtiyarovich

Development of technology for extracting copper and other non-ferrous
metals from industrial slags39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works

.....42

ТАШБУЛАТОВ ШЕРЗОД БАХТИЯРОВИЧ

**Ишлаб чиқариш шлакларидан мис ва бошқа рангли металлларни
ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қуймакорлик. Металларга
термик ва босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металллар
металлургияси. Камёб, нодир ва радиоактив элементлар технологияси
(қуймачилик ва металлларга ишлов бериш технологияси йўналиши)**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси
Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида
B2018.2.PhD/T726 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасининг (www.tdtu.uz) ва «Ziyonet» Ахборот таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:	Тураходжаев Нодир Джахонгирович техника фанлари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	Абдуллаев Фатхулла Сагдуллаевич техника фанлари доктори, профессор Атажанов Гапур Латибович техника фанлари номзоди, доцент
Етакчи ташкилот:	Андижон машинасозлик институти

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ва Ўзбекистон Миллий университети ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.03.04 рақамли Илмий кенгашнинг 2020 йил «12» декабрь соат 15-00 даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент шаҳар, Олмазор тумани, Университет кўчаси 2-уй. Тел/факс.: (99871) 277-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (119 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент шаҳар, Олмазор тумани, Университет кўчаси 2-уй. Тел/факс.: (99871) 277-10-32).

Диссертация автореферати 2020 йил «1» декабрь куни тарқатилди.
(2020 йил «1» декабрьдаги №119 рақамли реестр баённомаси).

К.А. Каримов
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси,
техника фанлари доктори, профессор

Ф.Р.Норхуджаев
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби,
техника фанлари доктори, профессор

Ф.С.Абдуллаев
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш қошидаги илмий семинар
раиси, техника фанлари доктори, профессор

КИРИШ (Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда ишлаб чиқариш шароитида ҳосил бўладиган шлакларни қайта ишлаш, шлак таркибидаги рангли металлларни ажратиб олиш ва ишлаб чиқаришда ресурстежамкорликни таъминлаш алоҳида аҳамият касб этмоқда. Шу билан бирга ишлаб чиқариш шлакларидан мис ва бошқа рангли металлларни ажратиб олиб, ишлаб чиқариш саноатига қўшимча ҳомашё яратиш ҳамда қолдиқ маҳсулотларни бошқа саноат объектларида қўллаш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Бу борада қатор мамлакатлар, жумладан АҚШ, Германия, Швейцария, Япония, Россия, Украина ва бошқа мамлакатларнинг илмий-тадқиқот марказларида ишлаб чиқариш шлакларини комплекс қайта ишлашга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда ишлаб чиқариш шлакларини қайта ишлашнинг самарали технологиясини ишлаб чиқиш бўйича кенг қўламда илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан ишлаб чиқариш шлаклари таркибидан мис бирикмаларини ажратиб олишда самарали усулларни қўллаш, шлаклардан рангли металлларни ажратиб олишда ресурстежамкор технологияларни ишлаб чиқиш ва шлакларга ишлов беришда энергиятежамкор технологияларни ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этмоқда. Шу билан бирга ишлаб чиқариш шлакларини қайта ишлашнинг чиқиндисиз технологиясини ишлаб чиқиш зарур ҳисобланади.

Республикамизда минерал ресурслардан комплекс фойдаланиш, ишлаб чиқариш шлакларини комплекс қайта ишлаш чора-тадбирлари амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...макроиқтисодий барқарорликни мустаҳкамлаш ва юқори иқтисодий ўсиш суръатларини сақлаб қолиш, миллий иқтисодиётнинг рақобатбардошлигини ошириш, ... иқтисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш»¹ вазифаси белгилаб берилган. Ушбу вазифаларни амалга ошириш, жумладан, мавжуд ҳомашё ресурсларидан оқилона фойдаланиш, ишлаб чиқаришнинг чиқинди ва шлаклари таркибидаги металл қўшимчаларни ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2016 йил 26 декабрдаги ПҚ-2698-сон «2017-2019 йилларда тайёр маҳсулот турлари, бутловчи буюмлар ва материаллар ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштиришнинг истиқболли лойиҳаларини амалга оширишни давом эттириш чора-

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги Фармони

тадбирлари тўғрисида»ги, 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ-3682-сон «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий жорий қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларининг мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. «Энергетика, энергия ва ресурстежамкорлик» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дунё олимлари томонидан ишлаб чиқариш шлакларидан мис ва бошқа рангли металллар ажратиб олиш технологиясини яратиш бўйича кўплаб тадқиқотлар олиб борилган.

АҚШнинг “Кеннекет коппер корпорейшн” (АҚШ) фирмаси тадқиқотчилари В.Дональдсон, С.Н.Шарма ва Н.Дж.Темелислар мисни шлакдан пиррометаллургия усулда ажратиб олишнинг икки босқичли циклик технологиясини ишлаб чиқишган. Германиянинг «Байер АГ» фирмаси тадқиқотчилари Р. Баатц, Г. Байльштайн, Д. Греннер, В. Келлер ва Д. Штайнбахлардихлорбутан изомер реакцияси натижасида ҳосил бўлган мис катализатори мавжуд бўлган оқова сувларини қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқишган. Бунда дихлорбутанда эриган мис 0-250⁰ С да нополар эритувчи ёрдамида чўктирилади ва фильтр ёрдамида ажратиб олинади. «Лонза Лтд.» фирмаси тадқиқотчилари Р. Тил, К. Цинзштаг ва Г. Фашингер (Швейцария) мис ва бошқа рангли металлларни ажратиб олишда қўшимча энергия сарфламасдан қуйи ҳароратда секин-аста органик компонентларнинг карбониллаштириш усулини ишлаб чиқишган. Бунда металллар қурумда туз шаклида қолади. Япониянинг «СУМЗ» фирмаси тадқиқотчиларининг аниқлашларига кўра шихтани печ ичида конвертор шлакисиз суюқлантирилганида мисни ажратиб олиш даражаси ортади, ёқилғи ва флюс сарфи камаяди, шу билан бирга миснинг штейнга чиқиш миқдори ҳам ортади.

МДХ давлатлари тадқиқотчилари В.А.Ванюков, А.Н.Вольский, Ф.М.Лоскутов, Х.К.Аветисян, В.Я.Мостович, С.И.Митрофанов, А.М Аксой ва бошқалар миснинг шлак билан йўқотишларининг даражасини аниқлашган. Металлургияда шлак орқали миснинг йўқотишларига катта эътибор қаратилган. Рангли металлларни суюқлантириш бўйича тадқиқотларнинг кўп қисми мисга таълуқлидир. В.А.Ванюковнинг ҳисоблашича, мисларнинг шлакдаги йўқотишлари суюқлантиришнинг электрохимий йўналишга эга бўлган суюқ маҳсулотлар - шлак ва штейнларнинг ўзаро таъсирланиш характериға боғлиқ. Баъзи

тадқиқотчиларнинг маълумотларига кўра миснинг шлакдаги йўқотишлари механик ва электрохимёвий (химёвий ва физик) бўлади.

Шунингдек, ишлаб чиқариш шлаклари таркибидаги мис ва бошқа ташкил этувчиларни ажратиш олишда ресурстежамкорлигини таъминлаш бўйича Ўзбекистонда илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ўзбек олимлари Қ.С.Санакулов, А.А. Юсупходжаев ва С.Р. Худояров металлургия ишлаб чиқариш шлаklarини қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқишган. Қ.С.Санакуловнинг маълумотларга кўра, ишлаб чиқариш шлаklarининг асосий минераллари фаялит ва магнетит ҳисобланади. Магнетит дендрит ва октаэдр кўринишида бўлади, уларнинг ўлчамлари 250-280 мкм гача бўлади.

Ишлаб чиқариш шлаklarидаги мис ва бошқа рангли металлларни ажратиш олишда кўплаб илмий натижаларга эришилишига қарамай, ҳали ечимини топмаган муаммолар кўп. Жумладан, ишлаб чиқариш шлаklarини қайта ишлашнинг ресурстежамкор технологияси ишлаб чиқилмаган. Юқорида келтирилган муаммолар ечимини топиш учун ишлаб чиқариш шлаklarига дастлабки ишлов бериш, уни бойитиш ва маҳсус усулда юқори ҳароратли ишлов бериш технологияси ишлаб чиқиш учун тадқиқотлар ўтказиш зарур.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети илмий-тадқиқот ишлари режасининг ЁОТ-Атех-2018-165 «Ишлаб чиқариш шлаklarидан мис ва бошқа рангли металлларни ажратиш олиш технологиясини ишлаб чиқиш» (2018-2019 й.) мавзусидаги инновацион лойиҳа доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади ишлаб чиқариш шлаklarини қайта ишлашда мис ва бошқа рангли металлларни ажратиш олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

ишлаб чиқариш шлаklarини қайта ишлашнинг мавжуд технологиялари ва хоссалари бўйича маълумотларни аналитик таҳлил қилиш;

ишлаб чиқариш шлаklarини сепарация усулида ишлов асосида бойитишга тайёрлаш технологиясини такомиллаштириш;

ишлаб чиқариш шлаklarини тикловчи муҳитда маҳсус ҳароратда термик ишлов бериш жараёнини ишлаб чиқиш;

турли ҳароратларда суюқ шлак ҳосил қилиш асосида металлларни ажратиш олиш технологиясини ишлаб чиқиш;

ишлаб чиқариш шлаklarини қайта ишлашнинг чиқиндисиз технологиясини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида «Олмалик КМК» АЖнинг ишлаб чиқариш шлаklarи олинган.

Тадқиқотнинг предметини ишлаб чиқариш шлакларидан мис бирикмаларини ажратиб олиш ва уларга юқори ҳароратда ишлов бериш жараёнлари ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида қотишмаларнинг химиявий таркиби, қаттиқлигини, механик хоссаларини ва структурасини ўрганишда Empyrean Malvern Panalytical диффрактометр, Zeiss EVO MA 10 (Carl Zeiss) сканерлаш электрон микроскопи, “P-50 M” рақамли автотехника машинаси, “Dura Vision 20” рақамли қурилмадан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

шлак ва ишлаб чиқариш чиқиндиларига унинг таркибидаги металл ташкил этувчиларини ажратиб олиш учун юқори ҳароратда ишлов бериш технологияси ишлаб чиқилган;

электр печида шлакларга самарали ишлов бериш учун шлакларни сепарацион тайёрлаш технологияси ишлаб чиқилган;

шлакнинг суюлтирилган массасидан металлларни ажратиб олиш технологияси ишлаб чиқилган;

юқори ҳароратда ишлов бериш учун аралашманинг самарали таркиби аниқланган;

мис ва бошқа металлларни шлак ва ишлаб чиқариш чиқиндиларидан ажратиб олишнинг математик модели тузилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

ишлаб чиқариш шлаклари таркибидаги металлларни ажратиб олиш асосида ресурс тежамкорлигини 10-12 % га оширишга имкон берадиган технологияси ишлаб чиқилган;

ишлаб чиқариш шлаклари таркибидаги металлларни нисбий оғирликка асосланган ҳолда сепарациялаш технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги лаборатория шароитида ўтказилган кўплаб тажрибиларнинг ишлаб чиқариш шароитида олинган натижаларга мослиги ва аниқ қўйилган вазифа асосида олинган маҳсулотларнинг физик ва технологик хоссаларини ўрганишда замонавий ИК-спектроскопия, электрон микроскоп, рентгенография ҳамда дифференциал-термик таҳлил усуллари ёрдамида аниқланган натижалар билан таққослаш орқали изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундан иборатки, ишлаб чиқариш шлакларидан ажратиб олинган мисли қотишма ҳамда углерод асосида тайёрланган тикловчининг тиклаш жараёнида бирикмаларнинг ўзаро боғлиқлик механизминини аниқлаш ва металллашиш даражасини керакли босқичига олиб чиқиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ишлаб чиқариш шлакларини қайта ишлаш технологиясининг технологик схемаси ва дастгоҳлар занжир схемасини ишлаб чиқиш ёрдамида саноат учун

кўшимча ҳомашё олиш ҳамда қолдиқ маҳсулотларни саноатнинг бошқа соҳаларига йўналтириш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Ишлаб чиқариш шлакларидан мис ва бошқа рангли металлларни ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

шлак ва ишлаб чиқариш чиқиндиларига юқори ҳароратди ишлов бериш технологияси «Олмалиқ КМК» АЖнинг мис эритиш заводига жорий қилинган («Олмалиқ КМК» АЖнинг 2020 йил 5 июндаги АС-007540-сон маълумотномаси). Натижада, металлларни ажратиб олиш самарадорлиги 12-14% га ортган;

электр печида ишлов бериш учун шлакларни сепарацион тайёрлаш технологияси «Олмалиқ КМК» АЖ нинг мис эритиш заводига жорий қилинган («Олмалиқ КМК» АЖнинг 2020 йил 5 июндаги АС-007540-сон маълумотномаси). Натижада, ишлов бериш самарадорлиги 8-10% га ортган;

шлакнинг суюлтирилган массасидан металлларни ажратиб олиш технологияси «Олмалиқ КМК» АЖ нинг мис эритиш заводига жорий қилинган («Олмалиқ КМК» АЖнинг 2020 йил 5 июндаги АС-007540-сон маълумотномаси). Натижада, қайта ишлаш ва металлларни ажратиб олишга сарфланадиган вақт 1,2-1,4% мартага камайган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертациянинг тадқиқот натижалари 12 та, жумладан 7 та халқаро ва 5 та республика илмий-амалий анжуманларида ва симпозиумларида муҳокамадан ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 24 та илмий иш чоп этилган. Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларида 12 та мақола, жумладан 9 таси Республика ва 3 таси хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 120 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объект ва предметлари тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «Ишлаб чиқариш шлакларидан металлларни ажратиб олишнинг замонавий ҳолати ва истиқболи» деб номланган биринчи бобида ишлаб чиқариш шлакларини қайта ишлашнинг мавжуд

технологиялари, шлак ҳосил бўлиш жараёнлари, шлакнинг физик-кимёвий ҳоссалар ҳамда шлакларни қайта ишлашнинг замонавий аҳволи таҳлил қилинган.

АҚШнинг “Аннаканда компани” фирмаси олимлари К.О.Линдبلاد ва Р.Е. Дюфреслар ишлаб чиқариш шлаклари таркибидаги мисни ажратиб олиш учун гидрометаллургик усул ишлаб чиқишган. Бунда ишлаб чиқариш шлаklarининг таркибига олтингугурт уислотаси ва сув 1:1 нисбатда кўшилади ва интенсив аралаштирилади. Натижада қаттиқ куруқ қотишма ҳосил қилиниб, унинг таркибидаги металл бирикмалари эритувчида эритиб олиниш хоссасига эга бўлади, силикат қаттиқ бирикма эса эримайдиган чўкма ҳосил қилади. “Кеннекет коппер корпорейшн” (АҚШ) фирмаси тадқиқотчилари В.Дональдсон, С.Н.Шарма ва Н.Дж.Темелислар мисни шлакдан пиррометаллургик усулда ажратиб олишнинг икки босқичли циклик технологиясини ишлаб чиқишган. «Лонза Лтд.» фирмаси тадқиқотчилари Р. Тил, К. Цинзштаг ва Г. Фашингер (Швейцария) мис ва бошқа рангли металлларни ажратиб олишда кўшимча энергия сарфламасдан қуйи ҳароратда секин-аста органик компонентларнинг карбониллаштириш усулини ишлаб чиқишган. Бунда металллар курумда туз шаклида қолади. Германиянинг «Байер АГ» фирмаси тадқиқотчилари Р. Баатц, Г. Байльштайн, Д. Греннер, В. Келлер ва Д. Штайнбахлардихлорбутан изомер реакцияси натижасида ҳосил бўлган мис катализатори мавжуд бўлган оқова сувларини қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқишган. Бунда дихлорбутанда эриган мис 0-250 0 С да нополяр эритувчи ёрдамида чўктирилади ва фильтр ёрдамида ажратиб олинади. Япониянинг «СУМЗ» фирмаси тадқиқотчиларининг аниқлашларига кўра шихтани печ ичида конвертор шлакисиз суюқлантирилганида мисни ажратиб олиш даражаси ортади, ёқилғи ва флюс сарфи камаяди, шу билан бирга миснинг штейнга чиқиш миқдори ҳам ортади. Демак, металлургик жараёндан конвертор шлакини чиқариб ташлаш ва унга махсус усулда ишлов бериш металлургиянинг кўрсаткичларини оширади.

МДХ давлатлари тадқиқотчилари В.А.Ванюков, А.Н.Вольский, Ф.М.Лоскутов, Х.К.Аветисян, В.Я.Мостович, С.И.Митрофанов, А.М.Аксои ва бошқалар миснинг шлак билан йўқотишларининг даражасини аниқлашган. Металлургияда шлак орқали миснинг йўқотишларига катта эътибор қаратилган. Рангли металлларни суюқлантириш бўйича тадқиқотларнинг кўп қисми мисга таълуқлидир. В.А.Ванюковнинг ҳисоблашича, мисларнинг шлакдаги йўқотишлари суюқлантиришнинг электрокимёвий йўналишга эга бўлган суюқ маҳсулотлар - шлак ва штейнларнинг ўзаро таъсирланиш характериға боғлиқ. Баъзи тадқиқотчиларнинг маълумотларига кўра миснинг шлакдаги йўқотишлари механик ва электрокимёвий (кимёвий ва физик) бўлади.

Шунингдек, ишлаб чиқариш шлаклари таркибидаги мис ва бошқа ташкил этувчиларни ажратиб олишда ресурстежамкорлигини таъминлаш

бўйича Ўзбекистонда илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ўзбек олимлари Қ.С.Санакулов, А.А. Юсупходжаев ва С.Р. Худояров металлургия ишлаб чиқариш шлаklarини қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқишган. Қ.С.Санакуловнинг маълумотларга кўра, ишлаб чиқариш шлаklarининг асосий минераллари фаялит ва магнетит ҳисобланади. Магнетит дендрит ва октаэдр кўринишида бўлади, уларнинг ўлчамлари 250-280 мкм гача бўлади.

Диссертациянинг «**Объектларни танлаш ва ишлаб чиқариш шлаklarини тадқиқ қилиш методикасини ишлаб чиқиш**» деб номланган иккинчи бобда тадқиқот объектини танлаш, қўлланиладиган маҳсулотларнинг асосий физикавий ва кимёвий хоссаларини ёритиб бериш ҳамда физик-механик, кимёвий ва физикавий хоссаларинини ўрганишда замонавий усул ва дастгоҳлардан (ИК-спектроскопия, электрон микроскоп, гранулометрик таҳлил) фойдаланилганлик ҳақида маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Ишлаб чиқариш шлаklarидан мис ва бошқа рангли металларни ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш тадқиқоти**» деб номланган учинчи боби ишлаб чиқариш шлаklarини юқори ҳароратда бойитиш жараёнига тайёрлаш усули, мис ва бошқа рангли металларни сепарация усулида ажратиб олиш жараёни тадқиқоти, шлаklarнинг физик-механик хоссаларидан фойдаланиб улардан бирикмаларни ажратиб олишнинг асосий технологик параметрларини аниқлаш, суяқ шлак муҳитида термик ишлов бериш ва нисбий оғирлик ассида металларни сепарация қилиш тадқиқотларига бағишланган.

Ушбу бобда металларни ажратиб олишнинг назарий асослари ёритилиб, назария асосида ўтказилган тадқиқотларнинг натижалари келтирилган. Миснинг тузилиши ва кимёвий активлигини кўриб чиқамиз. Мис марказлашган куб кўринишида кристалланади (расм 3.1).

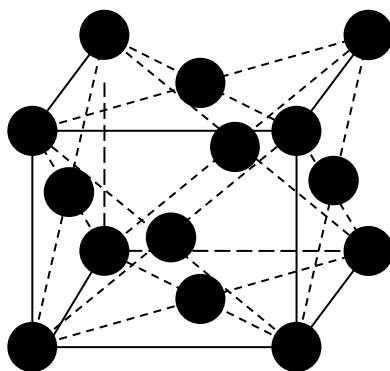
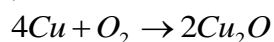


Рисунок 3.1. Миснинг кристалл панжараси.

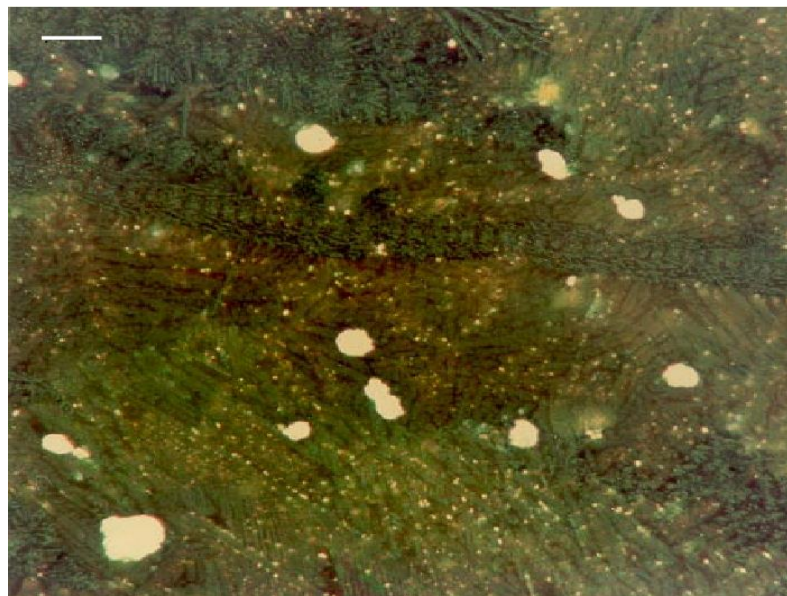
Мис кислородга нисбатан нисбий активлигини намоён қилади, лекин намлик ҳолатда аста окисланади ва яшилсимо рангдаги мис карбонат билан қопланади:



Қуруқ ҳолатда оксидланиш жуда сеин давом этади, мис устида юпқа мис оксиди қобиғи ҳосил бўлади:



3.2 расмда шлак таркибидан учувчи материал олинган миснинг кўриниши.



3.2 расм. Шлак таркибидан учувчи материал олинган миснинг кўриниши.

Тадқиқотнинг биринчи босқичида шлак таркибидаги метал ва нометал қўшимчаларни ажратиб олиш учун бирламчи эритиш жараёни амалга оширилди. Метал таркибини ажратиб олиш учун шлакни флюс ёрдамида эритиб олинди, бунинг учун газ печида ҳарорат 1000-1200 С ни ва электр-ёй печида ҳарорат 1600-1800 С да тадқиқот ўтказилди. Газ печида 1000-1200 С ҳароратни бериш имкониятига эга бўлгани учун, бу босқични айнан газ печида амалга оширилди ва 60-120 мин вақт давомида ушлаб турилди. 3.1 жадвалда тадқиқот натижаларининг қийматлари келтирилган.

Жадвал 3.1

Т/р	Шлакдаг и миснинг миқдори, гр/100 гр	Печда шлакни қиздириш ҳарорати, С	Печда суюқлантирилган шлакни ушлаб туриш вақти, минут	Шлакдан миснинг ажратиб олинганлик самараси, %
1	0,64	1000	60	28,4

2	0,68	1000	60	29,2
3	0,64	1100	60	29,5
4	0,68	1100	60	29,6
5	0,64	1200	60	31,0
6	0,68	1200	60	32,1

3.2 жадвалда газ печи ичида суюқлантирилган шлакни 80 минут ушлаб туриш вақтига нисбатан метални ажратиб олиш самарадорлиги натижаларининг қийматлари келтирилган.

Жадвал 3.2

Т/р	Шлакдаги миснинг миқдори, гр/100 гр	Печда шлакни қиздириш ҳарорати, С	Печда суюқлантирилган шлакни ушлаб туриш вақти, минут	Шлақдан миснинг ажратиб олинганлик самараси, %
1	0,64	1000	80	29,6
2	0,68	1000	80	30,2
3	0,64	1100	80	30,6
4	0,68	1100	80	30,8
5	0,64	1200	80	32,3
6	0,68	1200	80	32,8

3.3 жадвалда газ печи ичида суюқлантирилган шлакни 100 минут ушлаб туриш вақтига нисбатан метални ажратиб олиш самарадорлиги натижаларининг қийматлари келтирилган.

Жадвал 3.3

Т/р	Шлакдаги миснинг миқдори, гр/100 гр	Печда шлакни қиздириш ҳарорати, С	Печда суюқлантирилган шлакни ушлаб туриш вақти, минут	Шлакдан миснинг ажратиб олинганлик самараси, %
1	0,64	1000	100	32,6
2	0,68	1000	100	33,6
3	0,64	1100	100	35,8
4	0,68	1100	100	36,4
5	0,64	1200	100	38,5
6	0,68	1200	100	40,6

3.5 жадвалда газ печи ичида суюқлантирилган шлакни 120 минут ушлаб туриш вақтига нисбатан метални ажратиб олиш самарадорлиги натижаларининг қийматлари келтирилган.

Жадвал 3.5

Т/р	Шлакдаги миснинг миқдори, гр/100 гр	Печда шлакни қиздириш ҳарорати, С	Печда суюқлантирилган шлакни ушлаб туриш вақти, минут	Шлакдан миснинг ажратиб олинганлик самараси, %
1	0,64	1000	120	30,3
2	0,68	1000	120	31,4
3	0,64	1100	120	32,6
4	0,68	1100	120	33,4

5	0,64	1200	120	34,6
6	0,68	1200	120	38,2

Жадвалда келтирилган натижалардан кўриниб турибдики, печ ичида шлакни 1200 С га қиздирилганида самара юқори бўлиб, 0,68 концентрациядаги шлакнинг таркибидан 38,2 % гача мисни ажратиб олишга эришилди. Шу билан бир қаторда печ ичида қиздирилган шлакни ушлаб туриш вақти 100 минутгача бўлганида самара юқори бўлиб, 120 минут давомида ушлаб туришда самара пасая бошлайди. Бунга сабаб печ ичида шлакнинг кўп вақт туриши оқибатида метал ташкил этувчиларда кечадиган кимёвий жараёнлар бўлиши мумкин. Шунинг учун 1200 С гача қиздирилган шлакни 100 минутгача печ ичида ушлаб туриб метал ташкил этувчиларни ажратиб олиш мақсадга мувофиқ.

Тадқиқотнинг иккинчи босқичида шлак таркибидаги метал ва нометал қўшимчаларни ажратиб олиш учун бирламчи эритиш жараёни амалга оширилди. Бунда электр-ёй печида ҳарорат 1600-1800 С да тадқиқот ўтказилди ва 60-120 мин вақт давомида ушлаб турилди. 3.6 жадвалда тадқиқот натижаларининг қийматлари келтирилган.

Жадвал 3.6

Т/р	Шлакдаги миснинг миқдори, гр/100 гр	Печда шлакни қиздириш ҳарорати, С	Печда суюқлантирилган шлакни ушлаб туриш вақти, минут	Шлакдан миснинг ажратиб олинганлик самараси, %
1	0,64	1600	60	42,4
2	0,68	1600	60	44,4
3	0,64	1700	60	56,6
4	0,68	1700	60	57,2
5	0,64	1800	60	64,3
6	0,68	1800	60	66,2

Электр-ёй печида ҳарорат 1600-1800 С да тадқиқот ўтказилди ва 80 мин вақт давомида ушлаб турилди. 3.8 жадвалда тадқиқот натижаларининг қийматлари келтирилган.

Жадвал 3.8

Т/р	Шлакдаги миснинг миқдори, гр/100 гр	Печда шлакни қиздириш ҳарорати, С	Печда суюқлантирилган шлакни ушлаб туриш вақти, минут	Шлакдан миснинг ажратиб олинганлик самараси, %
1	0,64	1600	80	51,6
2	0,68	1600	80	54,8
3	0,64	1700	80	60,6
4	0,68	1700	80	61,4
5	0,64	1800	80	70,8
6	0,68	1800	80	72,5

Электр-ёй печида ҳарорат 1600-1800 С да тадқиқот ўтказилди ва 120 мин вақт давомида ушлаб турилди. 3.9 аджвалда тадқиқот натижаларининг қийматлари келтирилган.

Жадвал 3.9

Т/р	Шлакдаги миснинг миқдори, гр/100 гр	Печда шлакни қиздириш ҳарорати, С	Печда суюқлантирилган шлакни ушлаб туриш вақти, минут	Шлакдан миснинг ажратиб олинганлик самараси, %
1	0,64	1600	120	57,6
2	0,68	1600	120	61,4

3	0,64	1700	120	66,7
4	0,68	1700	120	67,2
5	0,64	1800	120	74,4
6	0,68	1800	120	78,0

Жадвалда келтирилган натижалардан кўриниб турибдики, печ ичида шлакни 1800 С га қиздирилганида самара юқори бўлиб, 0,68 концентрациядаги шлакнинг таркибидан 80,5 % гача мисни ажратиб олишга эришилди. Шу билан бир қаторда печ ичида қиздирилган шлакни ушлаб туриш вақти 100 минутгача бўлганида самара юқори бўлиб, 120 минут давомида ушлаб туришда самара пасая бошлайди. Ҳарорат 1600 С гача қиздирилганида эса 120 минут давомида печ ичида ушлаб туриш самараси 100 минут давомида ушлаб туриш самарасидан юқорироқ бўлиши кузатилди.

Тадқиқотнинг иккинчи босқичида шлак таркибидаги метал ва нометал кўшимчаларни ажратиб олишдан кейин қоладиган иккиламчи шлакнинг хоссаларини аниқлаш ва уни ишлаб чиқаришда қўллаш имконини берувчи технология ишлаб чиқаришга қаратилган. Бунда шлак фракцияларидан келиб чиқган ҳолда иккиламчишлакни цемент таркибига тўлдирувчи сифатида ёки йўл қурилиш соҳасида асфальт-бетон қопламасининг тўлдирувчиси сифатида қўллаш масаласи кўрилган. Жадвалда тадқиқот натижаларининг қийматлари келтирилган.

Жадвал 3.10

Т/р	Шлакдаги миснинг миқдори, гр/100 гр	Печда шлакни қиздириш ҳарорати, С	Печда суюқлантирилган шлакни ушлаб туриш вақти, минут	Иккиламчи шлакнинг фракцияси, мкм
1	0,64	1000	60	34-36
2	0,68	1000	60	34-36
3	0,64	1100	60	30-32

4	0,68	1100	60	30-32
5	0,64	1200	60	27-29
6	0,68	1200	60	27-29

3.11 жадвалда 1000-1200 С ҳароратда 80 минут давомида ушлаб турилган шлакни қайта ишлаш натижасида ҳосил бўлган фракция (ўлчамларининг) катталигини аниқлаш тадқиқот натижаларининг қийматлари келтирилган.

Жадвал 3.11

Т/р	Шлакдаги миснинг миқдори, гр/100 гр	Печда шлакни қиздириш ҳарорати, С	Печда суюқлантирилган шлакни ушлаб туриш вақти, минут	Иккиламчи шлакнинг фракцияси, мкм
1	0,64	1000	80	36-38
2	0,68	1000	80	36-38
3	0,64	1100	80	33-35
4	0,68	1100	80	34-36
5	0,64	1200	80	28-30
6	0,68	1200	80	28-30

3.12 жадвалда 1000-1200 С ҳароратда 100 минут давомида ушлаб турилган шлакни қайта ишлаш натижасида ҳосил бўлган фракция (ўлчамларининг) катталигини аниқлаш тадқиқот натижаларининг қийматлари келтирилган.

Жадвал 3.12

Т/р	Шлакдаги миснинг миқдори, гр/100 гр	Печда шлакни қиздириш ҳарорати, С	Печда суюқлантирилган шлакни ушлаб туриш вақти, минут	Иккиламчи шлакнинг фракцияси, мкм
-----	-------------------------------------	-----------------------------------	---	-----------------------------------

1	0,64	1000	100	38-40
2	0,68	1000	100	36-39
3	0,64	1100	100	35-38
4	0,68	1100	100	36-38
5	0,64	1200	100	30-32
6	0,68	1200	100	30-32

3.13 жадвалда 1000-1200 С ҳароратда 120 минут давомида ушлаб турилган шлакни қайта ишлаш натижасида ҳосил бўлган фракция (ўлчамларининг) катталигини аниқлаш тадқиқот натижаларининг қийматлари келтирилган.

Жадвал 3.13

Т/р	Шлакдаги миснинг миқдори, гр/100 гр	Печда шлакни қиздириш ҳарорати, С	Печда суюқлантирилган шлакни ушлаб туриш вақти, минут	Иккиламчи шлакнинг фракцияси, мкм
1	0,64	1000	120	40-44
2	0,68	1000	120	40-42
3	0,64	1100	120	38-40
4	0,68	1100	120	38-40
5	0,64	1200	120	36-38
6	0,68	1200	120	36-38

Жадвалда келтирилган натижалардан кўриниб турибдики, печ ичида шлакни 1200 С га қиздирилганида самара юқори бўлиб, фракциянинг ўлчами 27-29 мкм гача бўлди. Шу билан бир қаторда печ ичида

қиздирилган шлакни ушлаб туриш вақти ошган сари фракция хам ортиб бориши кузатилди. Бунга сабаб печ ичида шлакнинг кўп вақт туриши оқибатида зарраларнинг бир-бири билан жипслашиши бўлиши мумкин. Шунинг учун 1200 С гача қиздирилган шлакни 60 минутгача печ ичида ушлаб туриб иккиламчи шлакни печ ичидан олиш мақсадга мувофиқ.

Тадқиқотнинг кейинги босқичида шлак таркибидаги метал ва нометал қўшимчаларни ажратиб олинган иккиламчи шлакнинг фракцияларига юқори ҳароратнинг таъсири ўрганилди. Бунда электр-ёй печида ҳарорат 1600-1800 С да тадқиқот ўтказилди ва 60-120 мин вақт давомида ушлаб турилди. 3.14 жадвалда тадқиқот натижаларининг қийматлари келтирилган.

Жадвал 3.14

Т/р	Шлакдаги миснинг миқдори, гр/100 гр	Печда шлакни қиздириш ҳарорати, С	Печда суюқлантирилган шлакни ушлаб туриш вақти, минут	Иккиламчи шлакнинг фракцияси, мкм
1	0,64	1600	60	12-14
2	0,68	1600	60	12-14
3	0,64	1700	60	12-14
4	0,68	1700	60	10-12
5	0,64	1800	60	8-10
6	0,68	1800	60	8-10

3.15 жадвалда 1600-1800 С ҳароратда 80 минут давомида ушлаб турилган шлакни қайта ишлаш натижасида ҳосил бўлган фракция (ўлчамларининг) катталигини аниқлаш тадқиқот натижаларининг қийматлари келтирилган.

Жадвал 3.15

Т/р	Шлакдаги миснинг миқдори, гр/100 гр	Печда шлакни қиздириш ҳарорати, С	Печда суюқлантирилган шлакни ушлаб туриш вақти, минут	Иккиламчи шлакнинг фракцияси, мкм
1	0,64	1600	80	12-14
2	0,68	1600	80	12-14
3	0,64	1700	80	10-14
4	0,68	1700	80	10-12
5	0,64	1800	80	9-10
6	0,68	1800	80	9-10

3.16 жадвалда 1600-1800 С ҳароратда 100 минут давомида ушлаб турилган шлакни қайта ишлаш натижасида ҳосил бўлган фракция (ўлчамларининг) катталигини аниқлаш тадқиқот натижаларининг қийматлари келтирилган.

Жадвал 3.16

Т/р	Шлакдаги миснинг миқдори, гр/100 гр	Печда шлакни қиздириш ҳарорати, С	Печда суюқлантирилган шлакни ушлаб туриш вақти, минут	Иккиламчи шлакнинг фракцияси, мкм
1	0,64	1600	100	15-17
2	0,68	1600	100	15-17
3	0,64	1700	100	13-14
4	0,68	1700	100	13-14

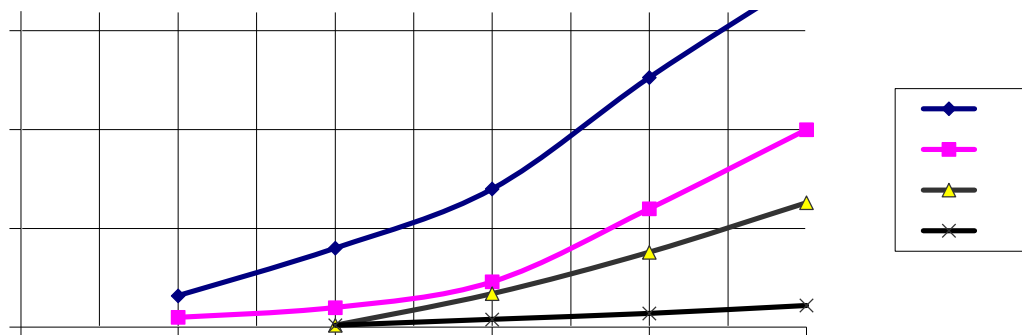
5	0,64	1800	100	12-13
6	0,68	1800	100	12-13

3.17 жадвалда 1600-1800 С ҳароратда 120 минут давомида ушлаб турилган шлакни қайта ишлаш натижасида ҳосил бўлган фракция (ўлчамларининг) катталигини аниқлаш тадқиқот натижаларининг қийматлари келтирилган.

Жадвал 3.17

Т/р	Шлакдаги миснинг миқдори, гр/100 гр	Печда шлакни қиздириш ҳарорати, С	Печда суюқлантирилган шлакни ушлаб туриш вақти, минут	Иккиламчи шлакнинг фракцияси, мкм
1	0,64	1600	120	20-22
2	0,68	1600	120	20-22
3	0,64	1700	120	16-18
4	0,68	1700	120	16-18
5	0,64	1800	120	14-15
6	0,68	1800	120	14-15

Жадвалда келтирилган натижалардан кўриниб турибдики, печ ичида шлакни 1800 С га қиздирилганида самара юқори бўлиб, фракциянинг ўлчами жуда майин бўлиб, 8-10 мкм гача бўлди. Шу билан бир қаторда печ ичида қиздирилган шлакни ушлаб туриш вақти ошган сари фракция ҳам ортиб бориши кузатилди. Бунда печ ичида шлакнинг ушлаб туриш вақти 60 ва 80 минут бўлганида фракциялар ўлчами деярли ўзгармади. Лекин 100 минутдан ортганда заррачаларнинг жипслашиш жараёни кузатилди.



Расм 3.5. Шлакларга ишлов бергандаги кимёвий реакциянинг ҳароратга боғлиқлик графиги.

Диссертациянинг «Технологияни ишлаб чиқаришга жорий қилиш ва унинг математик моделини тузиш» деб номланган тўртинчи бобида ишлаб чиқариш шлаklarини қайта ишлашнинг чиқиндисиз технологияси натижалари ишлаб чиқаришга тадбиқ этилганлиги ва апробациядан ўтганлиги ҳақида ёритилган.

“Олмалиқ КМК” АЖ нинг мис эритиш заводи ишлаб чиқариш шароитига ишлаб чиқариш шлаklarидан мис, алюминий, руҳ ва қалайни ажратиб олиш технологияси жорий қилинди. Агар учувчи материалларни ажратиб олишда қийинчилик юзага келмаган бўлса, мис ва алюминийни ажратиб олишда муаммолар бўлди. Фақат учувчи материалларни биринчи босқичда ажратиб олинганидан кейингина, иккинчи босқичда мис ва алюминийни ажратиб олишда қийинчилик деярли бўлмади. Жараённинг математик моделини тузишда Лагранжнинг интерполяцион кўпҳадини тузиб чиқамиз. Яъни масала алгебраик тенгламалар системасига келтирилиб, номаълум коэффициентларни аниқлаш билан самарадорлик функциясини кўпҳад шаклида ифодалаш билан кечади.

$$\begin{bmatrix} 1 & x_0 & x_0^2 & \dots & x_0^n \\ 1 & x_1 & x_1^2 & \dots & x_1^n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_n & x_n^2 & \dots & x_n^n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_0 \\ y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

тенгламада $n=3$ бўлиб, вектор тенглама

$$\begin{bmatrix} 1 & T_1 & T_1^2 \\ 1 & T_2 & T_2^2 \\ 1 & T_3 & T_3^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{bmatrix} \quad (2)$$

бўлиб, бунда $n = 3, T_1 = 1000, T_2 = 1100, T_3 = 1200;$ эканидан (1) алгебраик
 $\lambda_1 = 32,6, \lambda_2 = 35,8, \lambda_3 = 38,5.$

тенгламалар системаси куйидагича бўлади:

$$\begin{cases} a_1 + 1000a_2 + 1000^2 a_3 = 32,6 \\ a_1 + 1100a_2 + 1100^2 a_3 = 35,8. \\ a_1 + 1200a_2 + 1200^2 a_3 = 38,5 \end{cases} \quad (3)$$

Бу системани ечсак, $a_1 = -26,9, a_2 = 0,0845, a_3 = -0,000025$ бўлиб, температуранинг ортиши билан шлакдан миснинг ажратиб олинганлик самарасини характерлайдиган функция куйидаги кўринишда бўлади:

$$\lambda(T) = -26,9 + 0,0845T - 0,000025T^2. \quad (4)$$

(4) функция 100 гр шлакдаги миснинг миқдори 0,64 гр бўлганда температуранинг ортиши билан мисни шлакдан ажратиб олиш самарадорлигини тўлиқ аниқлаб беради. Худди шунингдек, шлакдаги миснинг миқдори 0,68 гр бўлганда, алгебраик тенгламалар системаси

$$\begin{cases} a_1 + 1000a_2 + 1000^2 a_3 = 33,6 \\ a_1 + 1100a_2 + 1100^2 a_3 = 36,4 \\ a_1 + 1200a_2 + 1200^2 a_3 = 40,6 \end{cases} \quad (5)$$

бўлиб, ушбу системани ечсак, $a_1 = 82,6, a_2 = -0,119, a_3 = 0,00007$ бўлиб, температура ортиши билан шлакдан миснинг ажратиб олинганлик самарасини характерлайдиган функция куйидаги кўринишда бўлади:

$$\lambda(T) = 82,6 - 0,119T + 0,00007T^2. \quad (6)$$

ХУЛОСА

«Ишлаб чиқариш шлакларидан мис ва бошқа рангли металлларни ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш» мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида куйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Шлак ва ишлаб чиқариш чиқиндиларига иссиқлик алмашинув назарияси асосида юқори ҳароратда ишлов бериш технологияси ишлаб чиқилган. Бу ишлаб чиқариш шлаклари таркибидаги металл кўшимчаларни ажратиб олиш учун хизмат қилади.

2. Электр печида ишлов бериш учун шлакларни сепарацион тайёрлаш технологияси шлакни ташкил этувчиларнинг кимёвий

хоссалари асосида ишлаб чиқилган. Бу шлакларга ишлов беришда самарадорликни ошириш учун хизмат қилади.

3. Шлакнинг суьултирилган массасидан металларни ажратиб олиш технологияси металлнинг суьуқлик муҳитидаги ҳаракатланиш қонунияти асосида ишлаб чиқилган. Бу шлаклардан металл ташкил этувчиларни ажратиб олиш учун сарфланадиган вақтни камайтириш имконини беради.

4. Юқори ҳароратда ишлов бериш учун аралашманинг самарали таркиби ташкил этувчиларнинг кимёвий хоссалари асосида аниқланган. Бу шлак таркибидаги мис ва бошқа рангли металларни ажратиб олиш учун кетадиган харажатлар миқдорини камайтириш имконини беради.

5. Шлакларга юқори ҳароратда ишлов беришнинг математик модели ташкил этувчиларнинг теплофизик хоссаларини ҳароратга боғлиқ ҳолда ўзгаришининг динамикаси асосида тузилган. Бу шлакларга ишлов бериш жараёнининг боришини ва олинадиган натижани башоратлаш имконини беради.

6. Мис ва бошқа металларни шлак ва ишлаб чиқариш чиқиндиларидан ажратиб олишнинг математик модели ташкил этувчиларнинг теплофизик хоссаларини ҳароратга боғлиқ ҳолда ўзгаришининг динамикаси ҳамда шлакдаги металл қўшимчаларнинг кимёвий хоссалари асосида тузилган. Бу шлаклардан мис ва бошқа рангли металларни ажратиб олиш жараёнини автоматлаштириш учун асос бўлиб хизмат қилади.

7. Ишлаб чиқариш шлакларини қайта ишлаш асосида ресурс тежамкор технология ишлаб чиқилди. Олинган натижалар ишлаб чиқариш корхоналарида йиғилиб қолган шлакларни камайтириш ҳисобига қўшимча фойдали ер майдонларини кенгайтириш, янги иш жойи яратиш ҳамда атроф муҳит экологиясини яхшилаш учун хизмат қилади.

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

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ТАШБУЛАТОВ ШЕРЗОД БАХТИЯРОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДИ И ДРУГИХ
ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ШЛАКОВ**

**05.02.01 –Материаловедение в машиностроении. Литейное производство.
Термическая обработка и обработка металлов давлением. Metallургия чёрных,
цветных и редких металлов (по направлению литейного производства и
технологии обработки металлов)**

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

ТАШКЕНТ – 2020

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером B2018.2.PhD/T726

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 «Ziyonet» по адресу (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:	Тураходжаев Нодир Джахонгирович доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Абдуллаев Фатхулла Сагдуллаевич доктор технических наук, профессор Атажанов Гапур Латибович кандидат технических наук, доцент
Ведущая организация:	Андижанский машиностроительный институт

Защита диссертации состоится «12» декабря 2020 г. в 15-00 часов на заседании Научного совета DSc. 03/30.12.2019.T.03.04 при Ташкентском государственном техническом университете. (Адрес: 100095, г. Ташкент, Алмазарский район, ул. Университетская, 2. Тел./факс:(99871) 227-10-32, e-mail: (tadqiqotchi@tdtu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрирована за №119) (Адрес: 100095, г. Ташкент, Алмазарский район, ул. Университетская, 2. Тел./факс: (99871) 227-10-32).

Автореферат диссертации разослан «1» декабря 2020 года.
(реестр протокол рассылки № 119 от «1» декабря 2020 года).

К.А.Каримов
Председатель научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, профессор

Ф.Р.Норхуджаев
Учёный секретарь научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, профессор

Ф.С.Абдуллаев
Председатель научного семинара при научном
совете по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, профессор

ВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире переработке производственных шлаков, извлечению цветных металлов из шлаков и обеспечению ресурсосбережения в производстве уделяется особое внимание. Наряду с этим, извлечение цветных металлов и меди, беспечив тем самым дополнительным сырьём производственных отраслей, является одной из важнейших задач. В этой связи, в научных центрах странах, в частности США, Германия, Швейцария, Япония, Россия, Украина и других и других странах уделяется особое внимание комплексной переработке производственных шлаков.

В мире широко проводятся научно-исследовательские работы по разработке эффективных технологий переработке производственных шлаков. В этом направлении, в частности в применении эффективных методов извлечения медных соединений из шлаков производства, разработке ресурсосберегающих технологий при извлечении цветных металлов и разработка энергосберегающих технологий при обработке шлаков является важной задачей. Вместе с тем, является важным разработка безотходного производства в переработке шлаков.

В республике осуществляются мероприятия по комплексному использованию минеральных ресурсов, комплексной переработке производственных шлаков. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах определены задачи, включающие «...укрепление макроэкономической стабильности и сохранение высоких темпов роста экономики, повышение ее конкурентоспособности, ... сокращение энергоемкости и ресурсоемкости экономики, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий». Выполнение данных задач, в частности внедрение в практику рационального использования существующих сырьевых ресурсов, малоотходных технологий в производстве стали, а также разработка безотходной технологии переработки сталеплавильных шлаков является одной из важных задач.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», в Постановлениях № ПП-2698 от 26 декабря 2016 года «О мерах по дальнейшей реализации перспективных проектов локализации производства готовых видов продукции, комплектующих изделий и материалов на 2017-2019 годы», № ПП-3117 от 7 июля 2017 года «О мерах по дальнейшему развитию научно-технической базы в сфере сельскохозяйственного машиностроения», № ПП-3682 от 27 апреля 2018

¹ №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования основным приоритетным направлениям развития науки и технологий в республике. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики II «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. Учёными многих стран мира выполнено ряд исследований по разработке технологии извлечения меди и других цветных металлов из шлаков и отходов производства.

Исследователи фирмы “Кеннекет коппер корпорейшн” (США) В. Дональдсон, С.Н. Шарма и Н.Дж. Темелис разработали двухстадийный циклический метод извлечения меди из шлака пиррометаллургическим методом. Исследователи фирмы «Байер АГ» (Германия) Р. Баатц, Г. Байльштайн, Д. Греннер, В. Келлер и Д. Штайнбах разработали технологию обработки сточных вод с содержанием медного катализатора образовавшегося в результате реакции изомера дихлорбутан. Исследователи фирмы «Лонза Лтд.» Р. Тил, К. Цинзштаг и Г. Фашингер (Швейцария) разработали метод извлечения меди и других цветных металлов не расходуя энергию постепенным охлаждением органических компонентов методом карбонирования. По выявлению исследователей фирмы «СУМЗ» (Япония), при плавки меди в печи без применения конвертера, увеличивается извлекаемость меди, снижается расхды энегетических затрат, и в то же время увеличивается выход меди в штейн.

Исследователи СНГ В.А. Ванюков, А.Н. Вольский, Ф.М. Лоскутов, Х.К. Аветисян, В.Я. Мостович, С.И. Митрофанов, А.М. Аксой и другие пределили степень потерь меди через шлак. Большая часть исследований по потерям приходится на медь. бошқалар миснинг шлак билан йўқотишларининг даражасини По расчетам В.А. Ванюкова, потери меди в шлаке зависят от электрохимической направленности взаимосвязи шлак и штейн. По сведению некоторых исследователей, потери меди в шлаке бывают механическими и электрохимическими (химический и физический).

Также, извлечением меди и других составляющих из производственных шлаков обеспечивающих ресурсосбережение в Узбекистане проводятся исследовательские работы. Ученые Узбекистана Қ.С. Санакулов, А.А. Юсупходжаев и С.Р. Худояров разработали технологию переработки производственных шлаков. По данным С. Санакулова основными минералами производственных шлаков являются фаялит и магнетит. Магнетит бывает в виде дендрита и октаэдра, их размерность достигает до 250-280 мкм.

Не смотря на достижения в области извлечения меди и других цветных металлов из шлаков производства, ещё много не решенных проблем. В частности, не разработана ресурсберегающая технология переработки шлаков. Для решения вышеуказанных проблем необходимо проводить исследования в предварительной обработки шлаков, обогащению шлаков и разработке технологии специальной высокотемпературной обработки.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего учебного учреждения, где выполняется диссертация.

Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планами научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета в рамках инновационного проекта ЁОТ-Атех-2018-165 «Разработка технологии извлечения меди и других цветных металлов из производственных шлаков» (2018-2019 г.).

Целью исследования является разработка технологии извлечения меди и других цветных металлов из производственных шлаков.

Задачи исследования:

проведение аналитического анализа информации по свойствам и существующим технологиям переработки производственных шлаков;

усовершенствование технологии подготовки к обогащению на основе методом сепарации производственных шлаков;

разработка процесса термической обработки производственных шлаков в восстановительной среде при специальной температуре;

разработка технологии извлечения металлов на основе создания жидкого шлака при различных температурах;

разработка безотходной технологии переработки производственных шлаков.

Объект исследования. Объектами исследования диссертационной работы являются медеплавильные шлаки АО “Алмалыкский ГМК”.

Предмет исследования. Предметом исследования является процесс извлечения медных соединений из производственных шлаков и высокотемпературная их обработка.

Методы исследования. При изучении количественных показателей по химическому составу, твердости, механическим свойствам и структуре получаемого сплава использовались диффрактометр Empyrean Malvern Panalytical, электронный сканирующий микроскоп Zeiss EVO MA 10 (Carl Zeiss), автотехническая машина серии “P-50 M”, установка “Dura Vision 20”.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

Разработана высокотемпературная обработка технология извлечения металлических включений из шлака и отходов производства;

Разработана сепарационная подготовка шлака для эффективной термической обработки шлаков в электрических печах;

Разработана технология извлечения металлов из массы расплавленного шлака;

Определен эффективный состав для высокотемпературной обработки;

Составлена математическая модель извлечения меди и других металлов из шлака и производственных отходов.

Практические результаты исследования:

разработана технология позволяющая повысить ресурсосбережение на 10-12 % на основе извлечения металлов из шлака производства;

разработана технология сепарации основанная на удельный вес металлов в составе производственных шлаков.

Достоверность полученных результатов при анализе полученных продуктов обосновывается использованием современных физических и технологических методов: ИК-спектроскопии, электронной микроскопии, рентгенографии, дифференциально-термического анализа.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в разработке научных основ извлечения медных и других цветных металлов из шлаков производства методом высокотемпературной обработки.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке технологии извлечения медных и других цветных металлов из шлаков производства, позволяющих снизить потери этих металлов на 8-10%.

Внедрение результатов исследования.

На основании полученных результатов по разработке технологии извлечения меди и других цветных металлов достигнуто следующее:

технология высокотемпературной обработки шлака и других производственных отходов внедрена на медеплавильном заводе при АО «Алмаликский ГМК» (справка №АС-007540 от 5 июня 2020 года АО «Алмалыкский ГМК»). В результате эффективность извлечения металлов повысилась на 12-14%;

технология сепарационной подготовки шлака для обработки в электрической печи внедрена на медеплавильном заводе при АО «Алмаликский ГМК» (справка №АС-007540 от 5 июня 2020 года АО «Алмалыкский ГМК»). В результате эффективность обработки повысилась на 8-10%;

технология извлечения металлов из жидкой массы шлака внедрена на медеплавильном заводе при АО «Алмаликский ГМК» (справка №АС-007540 от 5 июня 2020 года АО «Алмалыкский ГМК»). В результате время на переработку и извлечение металлов снизилось в 1,2-1,4 раза.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и получили одобрение 12 конференциях и симпозиумах, в

том числе на 7 международных и 5 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликованы 24 научных работ. Из них 9 статьи в республиканских и 3 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов.

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

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, его цель и задачи, характеризуются его объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики Узбекистан, излагаются научная новизна и практическая значимость полученных результатов, даются сведения о опубликованных работах по результатам исследования и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Современное состояние и перспективы извлечения металлов из производственных шлаков**» проведен обзор работ, посвященных исследованиям существующим технологиям переработки производственных шлаков, процессов шлакообразования, физико-химических свойствах шлака, а также, современное состояние проблем по их утилизацию.

Исследователи фирмы “Кеннекет коппер корпорейшн” (США) В.Дональдсон, С.Н.Шарма и Н.Дж.Темелис разработали двухстадийный циклический метод извлечения меди из шлака пиррометаллургическим методом. Исследователи фирмы «Байер АГ» (Германия) Р. Баатц, Г. Байльштайн, Д. Греннер, В. Келлер и Д. Штайнбах разработали технологию обработки сточных вод с содержанием медного катализатора образовавшегося в результате реакции изомера дихлорбутан. Исследователи фирмы «Лонза Лтд.» Р. Тил, К. Цинзштаг и Г. Фашингер (Швейцария) разработали метод извлечения меди и других цветных металлов не расходуя энергию постепенным охлаждением органических компонентов методом карбонирования. По выявлению исследователей фирмы «СУМЗ» (Япония), при плавки меди в печи без применения конвертера, увеличивается извлекаемость меди, снижается расхды энегетических затрат, и в то же время увеличивается выход меди в штейн.

Исследователи СНГ В.А.Ванюков, А.Н.Вольский, Ф.М.Лоскутов, Х.К.Аветисян, В.Я.Мостович, С.И.Митрофанов, А.М Аксой и другие пределили степень потерь меди через шлак. Большая часть исследований по потерям приходится на медь. бошқалар миснинг шлак билан йўқотишларининг даражасини По расчетам В.А.Ванюкова, потери меди в

шлаке зависят от электрохимической направленности взаимосвязи шлак и штейн. По сведению некоторых исследователей, потери меди в шлаке бывают механическими и электрохимическими (химический и физический).

Также, извлечением меди и других составляющих из производственных шлаков обеспечивающих ресурсосбережение в Узбекистане проводятся исследовательские работы. Ученые Узбекистана Қ.С.Санакулов, А.А. Юсупходжаев и С.Р. Худояров разработали технологию переработки производственных шлаков. По данным С.Санакулова основными минералами производственных шлаков являются фаялит и магнетит. Магнетит бывает в виде дендрита и октаэдра, их размерность достигает до 250-280 мкм.

Во второй главе диссертации **«Выбор объекта и разработка методики исследования производственных шлаков»** приведены выбор объекта исследования, основные физический и химический свойства используемых изделий, а также представлены сведения по использованию современных физико-механических, химических и физико-химических методов и аппаратуры для исследования свойств материалов (ИК-спектроскопия, электронная микроскопия, гранулометрический анализ).

Третья глава диссертации **«Исследование по разработке технологии извлечения меди и других цветных металлов из производственных шлаков»** посвящена результатам исследований по подготовке шлаков к обогащению при высоких температурах, исследованию по технологии извлечения меди и других цветных металлов сепарационным методом, определению основных технологических параметров извлечения соединений из шлаков используя их физико-механические свойства, термической обработке в жидкой среде и сепарации металлов на основе их удельному весу.

В данной главе описываются теоретические процессы извлечения металлов и восстановления их из оксидов. Рассмотрим само строение меди и его химическую активность. Медь кристаллизуется по типу централизованного куба (рисунок 3.1).

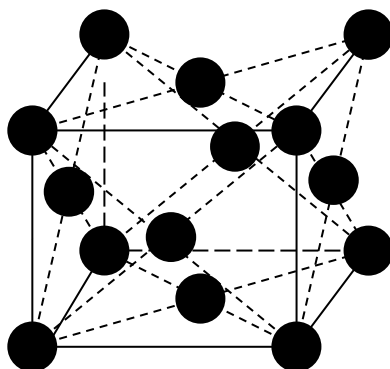


Рисунок 3.1. Кристаллическая решетка меди.

На рисунке 3.2 приведена структура восстановленного шлака с пониженным содержанием летучих металлов.

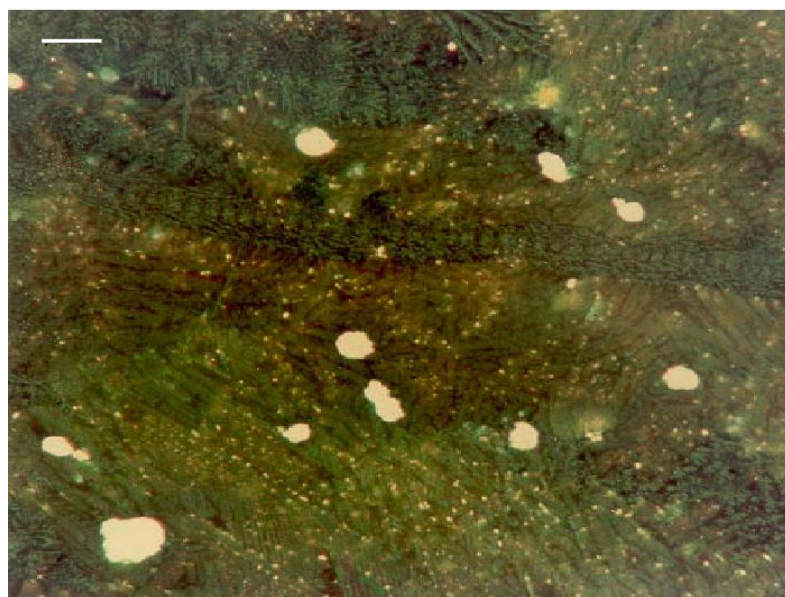


Рисунок 3.2. Структура восстановленного шлака с пониженным содержанием летучих металлов.

В первой стадии исследования провели первичную плавку для извлечения металлических и неметаллических включений. Для этого в газовой печи до температуры 1000-1200 С и в электродуговой печи до температуры 1600-1800 С шлак переплавляли с помощью флюса. Возможности газовой соответствуют температуре 1000-1200 С, именно поэтому применяли этот метод нагрева и выдерживали в течение 60-120 минут. В таблице 3.1 приведены результаты исследований.

Таблица 3.1.

Результаты первичной обработки шлака при 60 минут выдержки.

п/н	Содержание меди в шлаке, гр/100 гр	Температура нагрева шлака в печи, С	Время выдержки шлака в печи, минут	Эффективность извлечения меди из шлака, %
1	0,64	1000	60	28,4

2	0,68	1000	60	29,2
3	0,64	1100	60	29,5
4	0,68	1100	60	29,6
5	0,64	1200	60	31,0
6	0,68	1200	60	32,1

В таблице 3.2 приведены результаты эффективности извлечения металлов в зависимости от выдержки расплавленного шлака при 80 минут выдержки

Таблица 3.2

п/н	Содержание меди в шлаке, гр/100 гр	Температура нагрева шлака в печи, С	Время выдержки шлака в печи, минут	Эффективность извлечения меди из шлака, %
1	0,64	1000	80	29,6
2	0,68	1000	80	30,2
3	0,64	1100	80	30,6
4	0,68	1100	80	30,8
5	0,64	1200	80	32,3
6	0,68	1200	80	32,8

В таблице 3.3 приведены результаты эффективности извлечения металлов в зависимости от выдержки расплавленного шлака при 100 минут выдержки

Таблица 3.3

п/н	Содержание меди в шлаке, гр/100 гр	Температура нагрева шлака в печи, С	Время выдержки шлака в печи , минут	Эффективность извлечения меди из шлака, %
1	0,64	1000	100	32,6
2	0,68	1000	100	33,6
3	0,64	1100	100	35,8
4	0,68	1100	100	36,4
5	0,64	1200	100	38,5
6	0,68	1200	100	40,6

В таблице 3.4 приведены результаты эффективности извлечения металлов в зависимости от выдержки расплавленного шлака при 120 минут выдержки

Таблица 3.4

п/н	Содержание меди в шлаке, гр/100 гр	Температура нагрева шлака в печи, С	Время выдержки шлака в печи , минут	Эффективность извлечения меди из шлака, %
1	0,64	1000	120	30,3
2	0,68	1000	120	31,4
3	0,64	1100	120	32,6
4	0,68	1100	120	33,4

5	0,64	1200	120	34,6
6	0,68	1200	120	38,2

По результатам исследований, приведенных в таблицах видно, что выдержка шлака при температуре 1200 С дает больший эффект с извлечением 38,2 % меди из концентрации его в шлаке 0,68%. Наряду с этим, при выдержке до 100 минут эффективность выше но при выдержке 120 минут эффективность снижается. Этому причиной могут являться химические процессы между металлическими включениями при передержке шлака. Поэтому шлак перегретый до температуры 1200 С необходимо выдерживать до 100 минут и целесообразно извлекать металлические включения за этот период.

Во втором этапе исследований для извлечения металлических и неметаллических включений из шлака производили первичный переплав. При этом температура переплава доводилась до 1600-1800 С в электродуговой печи, а выдержка в течение 60-120 минут. В таблице 3.5 приведены результаты исследований. Тадқиқотнинг иккинчи босқичида шлак таркибидаги метал ва нометал

Таблица 3.5

п/н	Содержание меди в шлаке, гр/100 гр	Температура нагрева шлака в печи, С	Время выдержки шлака в печи, минут	Эффективность извлечения меди из шлака, %
1	0,64	1600	60	42,4
2	0,68	1600	60	44,4
3	0,64	1700	60	56,6
4	0,68	1700	60	57,2
5	0,64	1800	60	64,3
6	0,68	1800	60	66,2

В электродуговой печи проводили перегрев шлака до температуры 1600-1800 С с выдержкой 80 минут. В таблице 3.6 приведены результаты исследований.

Таблица 3.6

п/н	Содержание меди в шлаке, гр/100 гр	Температура нагрева шлака в печи, С	Время выдержки шлака в печи , минут	Эффективность извлечения меди из шлака, %
1	0,64	1600	80	51,6
2	0,68	1600	80	54,8
3	0,64	1700	80	60,6
4	0,68	1700	80	61,4
5	0,64	1800	80	70,8
6	0,68	1800	80	72,5

В электродуговой печи проводили перегрев шлака до температуры 1600-1800 С с выдержкой 120 минут. В таблице 3.7 приведены результаты исследований.

Таблица 3.7

п/н	Содержание меди в шлаке, гр/100 гр	Температура нагрева шлака в печи, С	Время выдержки шлака в печи , минут	Эффективность извлечения меди из шлака, %
1	0,64	1600	120	57,6
2	0,68	1600	120	61,4
3	0,64	1700	120	66,7

4	0,68	1700	120	67,2
5	0,64	1800	120	74,4
6	0,68	1800	120	78,0

Как видно из приведённых данных, эффективность выдержки при перегреве шлака достигается при температуре 1800 С и извлекается медные включения до 80,5 % при содержании в шлаке до 0,68%. В то же время при выдержке до 100 минут эффективность извлечения выше, а при выдержке более 120 минут эффективность снижается. При температуре перегрева шлака до 1600 С при выдержке до 120 минут эффективность выше чем при 100.

Во втором этапе исследований для определения свойств остаточного шлака и применения его в производстве проводили экспериментальные плавки для разработки технологии с целью дальнейшего использования остаточного шлака. При этом была поставлена задача использования остаточного шлака в качестве наполнителя в производстве цемента или в качестве наполнителя для дорожного строительства в качестве наполнителя асфальт-бетон. В таблице 3.8 приведены результаты исследований.

Таблица 3.8

П/н	Содержание меди в шлаке, гр/100 гр	Температура нагрева шлака в печи, С	Выдержка расплавленного шлака в печи, минут	Фракция вторичного шлака, мкм
1	0,64	1000	60	34-36
2	0,68	1000	60	34-36
3	0,64	1100	60	30-32
4	0,68	1100	60	30-32
5	0,64	1200	60	27-29
6	0,68	1200	60	27-29

В таблице 3.9 приведены результаты исследований при температуре перегрева равной 1000-1200 С с выдержкой до 80 минут для определения фракции получаемого остаточного шлака.

Таблица 3.9

П/н	Содержание меди в шлаке, гр/100 гр	Температура нагрева шлака в печи, С	Выдержка расплавленного шлака в печи, минут	Фракция вторичного шлака, мкм
1	0,64	1000	80	36-38
2	0,68	1000	80	36-38
3	0,64	1100	80	33-35
4	0,68	1100	80	34-36
5	0,64	1200	80	28-30
6	0,68	1200	80	28-30

В таблице 3.10 приведены результаты исследований при температуре перегрева равной 1000-1200 С с выдержкой до 100 минут для определения фракции получаемого остаточного шлака.

Таблица 3.10

П/н	Содержание меди в шлаке, гр/100 гр	Температура нагрева шлака в печи, С	Выдержка расплавленного шлака в печи, минут	Фракция вторичного шлака, мкм
1	0,64	1000	100	38-40
2	0,68	1000	100	36-39
3	0,64	1100	100	35-38

4	0,68	1100	100	36-38
5	0,64	1200	100	30-32
6	0,68	1200	100	30-32

В таблице 3.11 приведены результаты исследований при температуре перегрева равной 1000-1200 С с выдержкой до 120 минут для определения фракции получаемого остаточного шлака.

Таблица 3.11

П/н	Содержание меди в шлаке, гр/100 гр	Температура нагрева шлака в печи, С	Выдержка расплавленного шлака в печи, минут	Фракция вторичного шлака, мкм
1	0,64	1000	120	40-44
2	0,68	1000	120	40-42
3	0,64	1100	120	38-40
4	0,68	1100	120	38-40
5	0,64	1200	120	36-38
6	0,68	1200	120	36-38

По результатам исследований видно, что при нагреве до температуры 1200 С в газовой печи эффективность выше, при этом размерность фракции равна 27-29 мкм. В то же время с повышением времени выдержки в печи, размеры фракции тоже растут. Видимо это связано со спеканием частиц при длительной выдержке в печи. Поэтому при перегреве до температуры 1200 С выдержка шлака должна быть не более 60 минут, в течение которого вторичный шлак целесообразно извлечь из печи.

Следующий этап исследований был направлен на определение влияния времени выдержки при перегреве шлака, из которого были извлечены металлические и неметаллические включения. При этом температура перегрева в электродуговой печи достигала 1600-1800 С при выдержке до 60-120 минут. Результаты исследований приведены в таблице 3.12.

Таблица 3.12

П/н	Содержание меди в шлаке, гр/100 гр	Температура нагрева шлака в печи, С	Выдержка расплавленного шлака в печи, минут	Фракция вторичного шлака, мкм
1	0,64	1600	60	12-14
2	0,68	1600	60	12-14
3	0,64	1700	60	12-14
4	0,68	1700	60	10-12
5	0,64	1800	60	8-10
6	0,68	1800	60	8-10

В таблице 3.13 приведены результаты полученных фракций частиц перегрева шлака до 1600-1800 С с выдержкой в печи в течение 80 минут.

Таблица 3.13

П/н	Содержание меди в шлаке, гр/100 гр	Температура нагрева шлака в печи, С	Выдержка расплавленного шлака в печи, минут	Фракция вторичного шлака, мкм
1	0,64	1600	80	12-14

2	0,68	1600	80	12-14
3	0,64	1700	80	10-14
4	0,68	1700	80	10-12
5	0,64	1800	80	9-10
6	0,68	1800	80	9-10

В таблице 3.14 приведены результаты полученных фракций частиц перегрева шлака до 1600-1800 С с выдержкой в печи в течение 100 минут.

Таблица 3.14

П/н	Содержание меди в шлаке, гр/100 гр	Температура нагрева шлака в печи, С	Выдержка расплавленного шлака в печи, минут	Фракция вторичного шлака, мкм
1	0,64	1600	100	15-17
2	0,68	1600	100	15-17
3	0,64	1700	100	13-14
4	0,68	1700	100	13-14
5	0,64	1800	100	12-13
6	0,68	1800	100	12-13

В таблице 3.15 приведены результаты полученных фракций частиц перегрева шлака до 1600-1800 С с выдержкой в печи в течение 120 минут.

Таблица 3.15

П/н	Содержание меди в шлаке, гр/100 гр	Температура нагрева шлака в печи, С	Выдержка расплавленного шлака в печи, минут	Фракция вторичного шлака, мкм
1	0,64	1600	120	20-22
2	0,68	1600	120	20-22
3	0,64	1700	120	16-18
4	0,68	1700	120	16-18
5	0,64	1800	120	14-15
6	0,68	1800	120	14-15

Из приведенных таблиц результатов видно, что при перегреве в печи до температуры 1800 С эффективность выше и размеры фракции до 8-10 мкм. В т же время, при увеличении времени выдержки в печи размеры фракции также увеличиваются. При этом при выдержке 60 минут и 80 минут размеры фракций практически одинаковы. Но с повышением выдержки свыше 100 минут наблюдается спекание частиц.

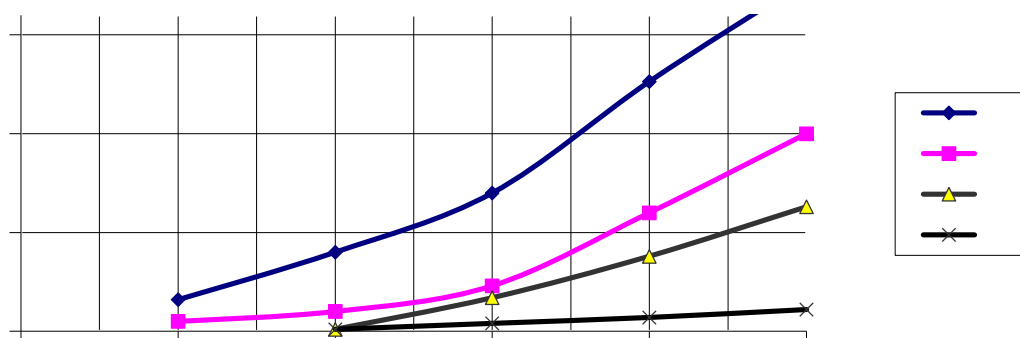


Рисунок 3.5. График зависимости химических реакций от температуры перегрева.

В четвертой главе «Внедрение разработки в производство и создание её математической модели» приведены результаты внедрения разработанной технологии в производство и создание её математической модели для прогнозирования производственного процесса.

В производственные условия АО «Алмалыкский ГМК» на территории медеплавильного завода была внедрена технология извлечения меди, алюминия, цинка и свинца из шлаков производства. Если с извлечением летучих материалов из шлака не представляла особых проблем, то с извлечением меди и алюминия были определенные сложности. Только после того, как в первом этапе были извлечены летучие материалы, во втором этапе извлечения меди и алюминия особых затруднений не было. Это видимо связано с присутствием активных-летуих материалов, которые воспрпятствовали извлечению последних. Разработанная двух этапная технология извлечения меди и алюминия связаны с первичным удалением летучих элементов с последующей обработкой шлака при повышенных температурах. Для создания математической модели составили интерполяционную многофункциональную систему Лагранжа. То есть, приведя в алгебраическую систему уравнений, можно выразить определение неизвестного коэффициента с эффективной технологии множителей.

$$\begin{bmatrix} 1 & x_0 & x_0^2 & \dots & x_0^n \\ 1 & x_1 & x_1^2 & \dots & x_1^n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_n & x_n^2 & \dots & x_n^n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_0 \\ y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

В уравнении $n=3$, векториальное равенство будет

$$\begin{bmatrix} 1 & T_1 & T_1^2 \\ 1 & T_2 & T_2^2 \\ 1 & T_3 & T_3^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Здесь, $n = 3, T_1 = 1000, T_2 = 1100, T_3 = 1200;$ (1) система уравнений
 $\lambda_1 = 32,6, \lambda_2 = 35,8, \lambda_3 = 38,5.$

алгебраической функции будет равна:

$$\begin{cases} a_1 + 1000a_2 + 1000^2 a_3 = 32,6 \\ a_1 + 1100a_2 + 1100^2 a_3 = 35,8. \\ a_1 + 1200a_2 + 1200^2 a_3 = 38,5 \end{cases} \quad (3)$$

Решая эту систему, $a_1 = -26,9$, $a_2 = 0,0845$, $a_3 = -0,000025$, функция эффективности извлечения меди с повышением температуры будет иметь следующий вид:

$$\lambda(T) = -26,9 + 0,0845T - 0,000025T^2. \quad (4)$$

функция (4) при содержании меди 0,64 гр в 100 гр шлака эффективность извлечения её из шлака будет определена этим уравнением. Точно также, при содержании меди в шлаке 0,68 гр, система уравнений примет вид;

$$\begin{cases} a_1 + 1000a_2 + 1000^2a_3 = 33,6 \\ a_1 + 1100a_2 + 1100^2a_3 = 36,4 \\ a_1 + 1200a_2 + 1200^2a_3 = 40,6 \end{cases} \quad (5)$$

Решая эту задачу, $a_1 = 82,6$, $a_2 = -0,119$, $a_3 = 0,00007$ получим, с повышением температуры функция эффективности извлечения меди при этих условиях будет равна:

$$\lambda(T) = 82,6 - 0,119T + 0,00007T^2. \quad (6)$$

ВЫВОДЫ

По проведенным исследовательским работам по теме диссертации на соискание ученой степени доктора философии по техническим наукам (PhD) на тему «Разработка технологии извлечения меди и других металлов производства» были сделаны следующие выводы:

1. На основе теории теплообменных процессов разработана технология высокотемпературной обработки производственных шлаков и отходов. Это способствует извлечению металлических включений из производственных шлаков.

2. На основе химических свойств составляющих шлака разработана технология сепарационной обработки в электрических печах. Это служит для повышения эффективности при обработке шлаков.

3. На основе закона движений металла в среде жидкости разработана технология извлечения металлов из жидкого шлака. Это позволит снизить затраты времени на извлечение металлических включений из шлаков.

4. На основе химических свойств составляющих определен эффективный состав смеси для высокотемпературной обработки. Это позволит снизить капитальные затраты на извлечение меди и других металлических включений из шлака.

5. На основе динамики изменения теплофизических свойств составляющих в зависимости от температуры, составлена математическая

модель высокотемпературной обработки шлаков. Это позволит прогнозировать процесс обработки шлаков и получаемых результатов.

6. На основе химических свойств металлических включений в шлаке и изменения теплофизических свойств в зависимости от динамики изменения составляющих составлена математическая модель извлечения меди и других металлов из шлака и производственных отходов. Это служит основой для автоматизации процесса извлечения меди и других цветных металлов из шлаков.

7. Разработана ресурсосберегающая технология на основе переработки производственных шлаков. Полученные результаты позволяют увеличить полезно используемые площади за счет сокращения шлаков накопившихся в производственных предприятиях, создать новые рабочие места и улучшению экологии окружающей среды.

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

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

TASHBULATOV SHERZOD BAKHTIYAROVICH

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR EXTRACTING COPPER AND OTHER
NON-FERROUS METALS FROM INDUSTRIAL SLAGS**

**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 (in the direction of foundry production and technology of processing of metals)**

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

TASHKENT – 2020

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 B2018.2.PhD/T726

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: **Turakhodjaev Nodir Djakhongirovich**
doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Abdullayev Fatkhulla Sagdullayevich**
doctor of technical science, professor

Atajanov Gapur Latibovich
candidate of technical science, dosent

Leading organization: **JSC «Almalyk Mining and Metallurgical Company»**

The defense of the dissertation will be held « ____ » on « ____ » _____ in 2020 at the meeting of the Scientific Council DSc.03/30.12.2019.T.03.04 at the Tashkent State Technical University and National University of Uzbekistan (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 № ____ (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 « ____ » on « ____ » _____ in 2020 protocol at the register № ____ dated « ____ » on « ____ » _____ in 2020.

K.A.Karimov

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

F.R.Norkhudjaev

Scientific secretary of the scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

F.S.Abdullaev

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 the development of a waste-free technology for processing steel-making slag.

The object of the research The objects of research of the dissertation work are copper smelting slags of JSC "Almalyk MMC".

The scientific novelty of a research consists in the following:

high-temperature processing technology has been developed for the separation of metal constituents from slag and industrial waste;

developed a technology for the separation of slag for efficient processing of slag in an electric furnace;

developed a technology for the separation of metals from the liquefied mass of slag;

the effective composition of the mixture for high temperature processing was determined;

a mathematical model of the separation of copper and other metals from slag and industrial wastes has been developed.

Implementation of the research results. Based on the scientific results obtained on the development of technology for the extraction of copper and other non-ferrous metals from industrial slag:

The technology of high-temperature treatment of slag and industrial wastes was introduced at the copper smelter of JSC "Almalyk MMC" (reference number of JSC "Almalyk MMC" dated June 5, 2020 No. AS-007540). As a result, the efficiency of metal separation increased by 12-14%;

The technology of separation of slag for processing in an electric furnace was introduced at the copper smelter of JSC "Almalyk MMC" (reference number of JSC "Almalyk MMC" dated June 5, 2020 No. AS-007540). As a result, processing efficiency increased by 8-10%;

The technology of extraction of metals from the liquefied mass of slag was introduced at the copper smelter of JSC "Almalyk MMC" (reference number of JSC "Almalyk MMC" dated June 5, 2020 No. AS-007540). As a result, the time spent on processing and extraction of metals was reduced by 1.2-1.4%.

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.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. N.Turahodjaev, T.Tursunov, L.Yakubov, Kh.Abdurakhmonov SH.Tashbulatov Definity of modes of fusion of aluminium alloys with application of a protectibe gumboil//ТошДТУ хабарлари 2015,№3.-С.45-49 (05.00.00.№16).
2. Л.Э.Якубов, Ш.Б.Ташбулатов, Ш.М.Чоршанбиев, Ф.Н.Тураходжаева, Н.Д.Тураходжаев Разработка режима нагрева шихты при плавке медных сплавов в электрических печах//Композицион материаллар илмий-техникавий ва амалий журнал. 2018, №3.-С.78-81 (05.00.00.№13).
3. Н.Тураходжаев, Л.Якубов, Ш.Ташбулатов, Ш.М.Чоршанбиев Ф.Тураходжаева Разработка технологии ведения плавки медных сплавов для снижения угара //Композицион материаллар илмий-техникавий ва амалий журнал. 2018, №3.-С.56-58 (05.00.00.№13).
4. Н.Тураходжаев Л.Якубов, Ш.Ташбулатов, Ш.М.Чоршанбиев, Ф.Н.Тураходжаева Математическая модель процесса плавки медных сплавов для обеспечения ресурсосбережения// Композицион материаллар илмий-техникавий ва амалий журнал 2018, №3.-С.92-94 (05.00.00.№13).
5. Н.Тураходжаев, Ж.Камолов, Ф.Н.Тураходжаева, Ш.Ташбулатов, Ш.Чоршанбиев Тепловая схема плавки металла под слоем биологически активного флюса// Механик муаммолар журнали. 2018, №3.С-90-94 (05.00.00.№6).
6. Н.Тураходжаев, Л.Якубов, Ш.Ташбулатов, Ш.М.Чоршанбиев, Ф.Н.Тураходжаева Разработка режима нагрева шихты при плавке медных сплавов в электрических печах //Композицион материаллар илмий-техникавий ва амалий журнал. 2018, №4.-С.-86-88 (05.00.00.№13).
7. Н.Тураходжаев Л.Якубов, Ш.Ташбулатов, Ш.М.Чоршанбиев, Ф.Н.Тураходжаева Разработка состава флюса для плавки медных сплавов//Композицион материаллар илмий-техникавий ва амалий журнал 2018, №4.-С-54-56 (05.00.00.№13).
8. Н.Тураходжаев, Ш.М.Чоршанбиев, Ш.Ташбулатов, Ф.У.Одилов, Р.С.Зокиров Повышения износостойкости деталей вал-шестерня// Композицион материаллар илмий-техникавий ва амалий журнал. 2019, №2.-С.-102-103 (05.00.00.№13).
9. Н.Тураходжаев Ш.Ташбулатов, Ж.С.Камолов Переработки шлаков медеплавильного производства и алюминовых шлаков// Композицион материаллар илмий-техникавий ва амалий журнал, 2019 №4. –С.- 56-59 (05.00.00. №13).

10. N.Turahodjaev, Sh.Chorshanbiyev, F.Odilov, SH.Tashbulatov, R.Zokirov. Development of Technology for Preventing the Tooth Teeth of Gear Shaft //Advanced materials research. 2020 year Vol.1157(2020)Pp252-255©(2020) Trans Tech Publications, Switzerlanddoi:10.4028/www.scientific.net/AMR.1157.252 .pp 3
11. Nodir Turakhodjaev, Sarvar Tursunbayev, Sherzod Tashbulatov, MuniraKuchkorova Analysis of technological solutions for reducing the copper concentration in slags from oxygen-flare smelting of copper sulfide concentrates// Journal of Critical Reviews ISSN- 2394-5125 Volume 7, Issue 5, 2020 (Scopus indexed) <http://dx.doi.org/10.31838/icr.07.05.95> Tayvan pp 10
12. Turakhodjaev Nodir, Tashbulatov Sherzod, Zokirov Ruslan, Tursunbaev Sarvar, Baydullaev Azamat Studying the scientific and technological bases for the processing of dumping copper and aluminum slags//Journal of Critical Reviews Vol 7, Issue 11, ISSN- 2394-5125 Volume 7, Issue 5, 2020 (Scopus indexed) <http://dx.doi.org/10.31838/icr.07.05.95> Tayvan © 2020 by Advance Scientific Research. This is an open-access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) DOI: <http://dx.doi.org/10.31838/jcr.07.11.79>

II бўлим (II часть; part II)

13. Международная Узбекско-Белорусская научно-техническая конференция Композиционные и металлополимерные материалы для различных отраслей промышленности и сельского хозяйства МАТЕРИАЛЫ Конференции «Метод получения металлических композитов из шлаков производства» Ш.Б.Ташбулатов, Ф.У.Одиллов, С.А.Турсунбаев, М.М.Акрамов. 21-22 мая 2020 г. Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова Государственное Унитарное предприятие «Фан ва тараккиёт»
14. Международная Узбекско-Белорусская научно-техническая конференция Композиционные и металлополимерные материалы для различных отраслей промышленности и сельского хозяйства МАТЕРИАЛЫ Конференции «Математическая модель расчёта шихты для получения металлокомпозитов» Н.Д.Тураходжаев, Ж.С.Камалов, Т.Х.Турсунов, Ш.Б.Ташбулатов Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова Государственное Унитарное предприятие «Фан ва тараккиёт»
15. «Илм-фан, таълим ва ишлаб чиқаришнинг инновацион ривожлантиришдаги замонавий муаммолар» мавзусида халқаро илмий-амалий конференция «Ресурсосбережение при плавке цветных сплавов» Н. Д. Тураходжаев, Ж.С. Камалов,Т. Х. Турсунов, Ш.Б. Ташбулатов

16. Ўзбекистон таълим, фан ва маданиятнинг модернизациясини таъминлашда Ислом Каримовнинг роли Республика илмий-амалий анжуманда “Ислом Каримов Ўзбекистон янги тарихининг ижодкори” М.Бабаев, Ш.Ташбулатов 10 октябр 2016 йил Тошкент давлат техника университети
17. Роль интеллектуальной молодежи в развитии науки и техники Республиканской научной-технической конференции “Исследование процесса получения высокопрочного чугуна в электрошлаковой печи” Ж.Оққиев, Ш.Ташбулатов. 20 май 2017 йил Тошкент давлат техника университети 2 бет
18. Роль интеллектуальной молодежи в развитии науки и техники Республиканской научной-технической конференции “Электрошлаковая печь для плавки легкоокисляемой шихты” Ш.Ташбулатов, М.Бабаев, 20 май 2 бет Тошкент давлат техника университети 2017 йил
19. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет» Материалы VII Международной научно-технической конференции. «Влияние различных примесей и добавок на свойства меди» Ш.Ташбулатов, С.Турсунбоев, Ш.Чоршанбиев (Омск, 21–23 мая 2018 г.) Омский государственный технический университет 3 бет
20. “Замонавий ишлаб чиқаришнинг иш самарадорлиги ва энерго-ресурс тежамкорлигини ошириш муаммолари” мавзусида халқаро миқёсдаги илмий-амалий анжуманда “Методы извлечения меди из отходов производства” мавзусида илмий мақола. Н.Тураходжаев, Ш.Ташбулатов, Ш.Чоршанбиев. 3-4 октябр 2018 йил. Андижон машинасозлик инситути. 4 бет
21. «Разработка технологии извлечения алюминия и других цветных шлаков в электрошлаковых печах(ЭШП)» Международная научная-конференция INNOVATION 2019. Н.Тураходжаев, Ш.Ташбулатов, Ш.Чоршанбиев, Ф.Одилов, Р.Зокиров. 2019 год. Tashkent. 2 ст
23. Корпоратив бошқарув назарий ва замонавий амалиёт илмий мақолалар тўплами “Процесс плавки легкоокисляемой алюминиевой и медной стружки в электрошлаковой печи” Н.Тураходжаев Ш.Ташбулатов, Ш.Чоршанбиев, Ф.Н.Тураходжаева. 23 январь 2019 йил “Фан ва технология” ТДТУ 2 бет
24. Корпоратив бошқарув назарий ва замонавий амалиёт илмий мақолалар тўплами “Процесс разработка технологии извлечения меди и других цветных металлов из производственных шлаков” Н.Тураходжаев Ш.Ташбулатов, Ш.Чоршанбиев, Ф.Н.Тураходжаева. 23 январь. 2019 йил “Фан ва технология” ТДТУ .2 бет

Автореферат “ТошДТУ хабарлари” илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз (резюме) тилларидаги матнлар мослиги текширилди (_____2020 йил.)