

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

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**ҲОЖИЕВ ШОҲРУҲ ТОШПЎЛАТОВИЧ**

**МАҲАЛЛИЙ ИККИЛАМЧИ ҲОСИЛ БЎЛГАН ТЕХНОГЕН  
ЧИҚИНДИЛАРДАН ФОЙДАЛАНИШ АСОСИДА МИС ИШЛАБ  
ЧИҚАРИШ ШЛАКЛАРИНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ  
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

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

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ  
АВТОРЕФЕРАТИ**

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

**Ҳожиёв Шохрух Тошпўлатович**

Маҳаллий иккиламчи ҳосил бўлган техноген чиқиндилардан фойдаланиш асосида мис ишлаб чиқариш шлаklarини қайта ишлаш технологиясини такомиллаштириш .....3

**Ҳожиёв Шохрух Тошпулатович**

Усовершенствование технологии переработки шлаков медного производства с использованием местных вторичных техногенных образований .....21

**Khojiev Shokhrukh Toshpo'latovich**

Improvement of the technology for processing slags of copper production using local secondary technogenic formations ..... 39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ

List of published works ..... 43

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

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**ҲОЖИЕВ ШОҲРУҲ ТОШПЎЛАТОВИЧ**

**МАҲАЛЛИЙ ИККИЛАМЧИ ҲОСИЛ БЎЛГАН ТЕХНОГЕН  
ЧИҚИНДИЛАРДАН ФОЙДАЛАНИШ АСОСИДА МИС ИШЛАБ  
ЧИҚАРИШ ШЛАКЛАРИНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ  
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

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

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент– 2022**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.3.PhD/T2385 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](http://www.tdtu.uz)) ва «Ziyonet» Ахборот таълим порталида ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Бердияров Баҳриддин Тилолқабуллович**  
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD), доцент

**Расмий оппонентлар:**

**Дуняшин Николай Сергеевич**  
техника фанлари доктори, профессор

**Толибов Бехзод Иброҳимович**  
техника фанлари доктори, профессор в.б.

**Етакчи ташкилот:**

**Тошкент кимё-технология институти**

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.03.04 рақамли Илмий кенгашнинг 2022 йил «9» апрель соат 14<sup>00</sup> 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](mailto:tadqiqotchi@tdtu.uz)).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (250 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент шаҳар, Олмазор тумани, Университет кўчаси 2-уй. Тел/факс.: (99871)277-10-32).

Диссертация автореферати 2022 йил «26» март куни тарқатилди.  
(2022 йил «26» мартдаги №139 рақамли реестр баённомаси).

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

**Ш.Б. Ташбулатов**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш илмий котиби,  
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD), доцент

**Н.Д. Тураходжаев**  
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 мисни пирометаллургия усулда ишлаб чиқариш даврида мис ишлаб чиқариш шлаклари таркибидаги мис миқдорини камайтириш ва қўшимча равишда таркибида углерод сақлаган тикловчи моддаларни тежаш алоҳида аҳамият касб этмоқда. Шу билан бирга анъанавий технология асосида мис ишлаб чиқариш шлакларини тикловчи моддалар билан қайта ишлаб, сўнг эритиш печларида мисизлантиришда амалга ошадиган физик-кимёвий жараёнларни тадқиқ қилиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Бу борада ривожланган мамлакатлар, жумладан АҚШ, Япония, Россия ва мис ашёсини қайта ишлаш бўйича етакчи мамлакатлар Чили, Хитой, Перу, Австралия ва бошқа мамлакатларда мис бойитмаларини қайта ишлашда миснинг чиқинди шлак билан исрофини камайтиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда металл ва унинг қотишмаларини ишлаб чиқаришда ресурс тежамкорликни таъминлайдиган технологиялар ишлаб чиқишда кенг қўламда илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда мис ишлаб чиқариш шлакларидан мисни ажратиб олишда, жараёнга салбий таъсир кўрсатадиган магнетит бирикмасини тиклаш йўли билан камайтириш технологиясини ишлаб чиқиш ҳамда таркибида темир ва кремний миқдори кўп бўлаган мис ишлаб чиқариш шлакларини қайта ишлашнинг самарли технологиясини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этмоқда. Шу билан бирга мис ишлаб чиқариш шлакларини қайта ишлашда ресурс тежамкорликни таъминлайдиган технологияни ишлаб чиқиш зарур ҳисобланади.

Республикамизда қайта ишлашга турли конлардан олинган бойитмалар узлуксиз етиб келаётган бир даврда замонавий мис ишлаб чиқаришни ташкил этиш, шунингдек ташқи шароитлар таъсирида мис ишлаб чиқариш шлакларини қайта ишлаш жараёни хусусиятлари вақт мобайнида ўзгаришини назорат қилишнинг чора тадбирлари ишлаб чиқилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «... макроиқтисодий барқарорликни мустаҳкамлаш ва юқори иқтисодий ўсиш суръатларини сақлаб қолиш, миллий иқтисодиётнинг рақобатбардошлилигини ошириш, ... иқтисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш»<sup>1</sup> вазифаси белгилаб берилган. Ушбу вазифаларни амалга ошириш, жумладан агрегат унумдорлиги ва олинаётган маҳсулотларнинг сифат кўрсаткичларини таъминлайдиган технология асосида мис ишлаб чиқариш шлакларини қайта ишлаш жараёнларини тадқиқ қилиш ҳамда тежамкор технологияларни 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, 2017-йил 21-апрелдаги “Экология ва

---

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

атроф-мухитни муҳофаза қилиш соҳасида давлат бошқаруви тизимини такомиллаштириш тўғрисида”ги ПФ-5024-сонли, 2019-йил 30-октябрдаги “2030-йилгача бўлган даврда Ўзбекистон Республикасининг атроф-мухитни муҳофаза қилиш концепциясини тасдиқлаш тўғрисида”ги ПФ-5863-сонли Фармонлари, 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-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, 2021 йил 24-июндаги “Кон-металлургия саноати ва унга боғлиқ соҳаларни ривожлантириш бўйича кўшимча чора-тадбирлар тўғрисида” ПҚ-5159-сонли 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 йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг: II. «Энергетика, энергия ва ресурс тежамкорлик» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Дунё олимлари томонидан мис ишлаб чиқариш шлаklarини қайта ишлаш технологиясини такомиллаштириш борасида кўплаб тадқиқотлар олиб борилган. Дунёнинг етакчи олимлари, жумладан Sineva S., Szczepaniak W., Traista E., Kart E., Phiri T., Singh P., Isaksson J. мис ишлаб чиқариш шлаklarини қайта ишлаш жараёнларини оптималлаштириш бўйича илмий-тадқиқот ишларини олиб борганлар. Бу тадқиқотлар натижасида мис ишлаб чиқариш шлаklarини қайта ишлашга мўлжалланган яллиғ қайтарувчи печларининг ишлаб чиқариш унумдорлигини оширишга эришилган. Liao Y., Gabasiane T., Kolmachikhina O., Gargul K., Pooje C., Tesfaye F., Anderson A., Pavez O. мис ишлаб чиқариш шлаklarини қайта ишлашда тикловчи моддаларни қўллаш усулини ишлаб чиқишган, натижада эритиш печларининг унумдорлигини оширишга ва маҳсулот сифатини оширишга эришилган.

МДХ олимлари Fedorov S., Dosmukhamedov N., Dyussebekova M., Nadirov R., Turan M., Karamyrzayev G., Roshchin V., Lykasov A., Borodin I.ларнинг ишларида сульфидли мис бойитмаларини эритиш печларида қайта ишлаш жараёнида мисни йўқолишига олиб келувчи моддаларнинг ҳосил бўлиш сабаблари тўлиқ тадқиқот қилинган бўлиб, натижада ушбу моддалар ҳосил бўлишини камайтиришни таъминлайдиган усул ишлаб чиқилган. Ванюков А., Зайцев В., Тарасов А., Купряков Ю., Быстров В., Каплан В.лар томонидан мисли хомашёларни эритиш технологик жараёнларига кокс, тошкўмир каби тикловчи моддаларни қўллаш ва эритиш печларининг иссиқлик техник режимларини ўзгартиришга эришилган. Шунингдек, мис ишлаб чиқариш шлаklarини қайта ишлаш технологиясини

такомиллаштириш бўйича Ўзбекистонда илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда (А.Юсупходжаев, А.Хасанов, М.Якубов, К.Санакулов, А.Атаханов, Н.Аскарлова, Ш.Мухаметджанова ва бошқалар). Ўзбек олимлари А.А. Юсупходжаев, М.М.Якубовлар мис ишлаб чиқаришда ҳосил бўладиган конвертор шлаklarини рух ишлаб чиқариш клинкерлари билан қайта ишлаб миснинг чиқинди шлак билан исроф бўлишини 20 % гача камайтириш технологиясини ишлаб чиқишган. А.С. Хасанов мис ишлаб чиқариш шлаklarини суюқ ҳолида қайта ишлашнинг термогравитацион усулини ишлаб чиққан.

Мис ишлаб чиқариш шлаklarини қайта ишлаш жараёнини такомиллаштириш соҳасида кўплаб илмий натижаларга эрилишига қарамай, ҳали ечимини топмаган муаммолар кўп. Чиқиндихоналардаги қаттиқ шлаклар таркибидаги оксидланган мис бирикмаларини флотацион бойитиш йўли билан ажратиб олишнинг имкони топилмаганлиги, гидрометаллургик танлаб эритишда шлакдаги мисни эритмага ажралиш даражасининг пастлиги, фаялит таркибли мис шлаklarини майдалаш ва янчишда кўп миқдорда энергия ва маблағ сарфланиши, шлакларни металлургик печларда миссизлантириш жараёнида жараёнга салбий таъсир этувчи магнетит ҳосил бўлишига таъсир этувчи омиллар етарлича аниқланмаган. Юқорида келтирилган муаммолар ечимини топиш учун зарарли бирикмалар миқдорини минималлаштириш, шлакларни мисга нисбатан миссизлантириш, оптимал таркибли шлак олишдан олдин дастлабки тикловчи муҳитда ишлов бериш, тиклаш вақтида қўлланиладиган тикловчи моддалар тан-нархининг қимматлиги сабабли мис ишлаб чиқариш шлаklarини қайта ишлашнинг нисбатан самаралироқ технологиясини ишлаб чиқиш ёки мавжуд технологияларни янада такомиллаштириш 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 ОТ-А13-02 “Мисни ташландиқ шлаклар билан йўқолишини камайтириш технологияси ва кам чиқиндили ишлаб чиқаришни ташкил этиш” (2017-2018) мавзусидаги, Давлат илмий-техника дастурлари доирасида бажариладиган ПЗ-20170929768 – “Қимматбаҳо компонентларни ажратиб олиш мақсадида мис ишлаб чиқариш шлаklarини қайта ишлаш технологиясини яратиш” (2019-2020) амалий лойиҳаси, рақами № 63-172 юр х/ш 5/20 бўлган “Ноёб, тарқоқ, нодир, рангли ва қора металллар ресурсларини аниқлаш учун “Олмалиқ КМК” АЖ иккиламчи техноген чиқиндиларининг моддий таркибини таҳлил қилиш” (2020-2021) мавзусидаги хўжалик шартномаси лойиҳаси, ҳамда «Металлургия» кафедраси профессор-ўқитувчилари томонидан куннинг иккинчи ярмида бажариладиган «Иккиламчи техноген чиқиндилар ва маҳаллий минерал хомашёларни қайта ишлашнинг ресурс ва энергиятежамкор технологияларини ишлаб чиқиш» мавзусидаги илмий-тадқиқот ишлари доирасида бажарилган.

**Тадқиқот мақсади:** маҳаллий иккиламчи ҳосил бўлган ва таркибида углерод сақлаган техноген чиқиндилардан тикловчи модда сифатида фойдаланиш асосида мис ишлаб чиқаришнинг конвертор шлаklarини қайта ишлаш технологиясини такомиллаштиришдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

- мис ишлаб чиқариш шлакини қайта ишлашнинг мавжуд технологиси ва хоссаси бўйича маълумотларни аналитик ўрганиш;

- мис эритиш печида ҳосил бўлган шлакни миссизлантиришнинг самарали технологиясини ишлаб чиқиш мақсадида маҳаллий тикловчи материалнинг юқори ҳароратли суяқ шлак билан ўзаро таъсирини ўрганиш;

- мис эритиш печида ҳосил бўлган шлак таркибидаги магнетитни таркибида углерод сақлаган маҳаллий тикловчи билан таъсирлашиши натижасида сульфидланиш даражасига таъсирини ўрганиш;

- мис эритиш печларида ҳосил бўлган шлак таркибидаги магнетит миқдорини камайтирувчи таркибида углерод сақлаган маҳаллий тикловчи модда сарфининг оптимал миқдорини аниқлаш.

**Тадқиқотнинг объекти** мис ишлаб чиқаришдаги конверторлаш жараёнида ҳосил бўладиган шлаклар ва таркибида углерод сақлаган маҳаллий иккиламчи техноген чиқиндилар.

**Тадқиқотнинг предмети** мис ишлаб чиқариш унумдорлигини ошириш мақсадида конвертор шлаklarига дастлабки тиклаш йўли билан ишлов бериб, сўнг уларни яллиғ қайтарувчи печда миссизлантириш технологиясини такомиллаштириш ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида замонавий назарий ва амалий комплекс тадқиқот усуллари, термодинамик таҳлил усуллари, лаборатория, ярим-саноат ва саноат синов-тажрибалари, гранулометриқ таҳлил, кимёвий ва моддий таркибнинг таҳлили, микроскопик фазали таҳлил усулларида фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

мис ишлаб чиқаришдаги суяқ конвертор шлакини таркибида углерод сақлаган маҳаллий иккиламчи ҳосил бўлган техноген чиқиндилар билан ўзаро таъсири натижасида шлакдаги магнетит миқдорининг камайиши аниқланган;

суяқ конвертор шлакига таркибида углерод сақлаган маҳаллий тикловчи модда сифатида яроксиз автомобил шиналари қўшилганда юқори ҳарорат туфайли автошина таркибидаги резина ва бошқа углеводородлар парчаланиб, жараёнда углерод, водород ва олтингугурт каби тикловчи моддалар ҳосил бўлиши аниқланган;

таркибида углерод сақлаган маҳаллий техноген чиқиндилар иштирокида суяқ конвертор шлаklarини дастлабки тиклаш амалиёти ўтказилгандан сўнг уни яллиғ қайтарувчи эритиш печида миссизлантирилганда шлак билан чиқиб кетадиган мис миқдорини камайиши аниқланган;

йириклиги 10-15 мм бўлган таркибида углерод сақлаган техноген чиқиндиларни тикловчи модда сифатида қўллаш орқали суяқ конвертор

шлаклари билан тикловчи модданинг ўзаро таъсирлашув юзасининг катталари, тикловчи модданинг суяқ шлак ичига яхши ўзлашиши ва кейинги миссизлантириш жараёнида қайта ишланган шлак таркибидаги миснинг штейн таркибига ўтиш миқдорининг ортиши аниқланган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

шлакдан мисни ажратиб олишни қийинлаштирувчи магнетит моддасининг миқдори камайтурувчи, мис ишлаб чиқариш шлаklarига таркибида углерод сақлаган техноген чиқиндилар қўшиб қайта ишлаш усули ишлаб чиқилган;

мис ишлаб чиқариш унумдорлигини оширувчи, магнетит миқдори етарли даражада камайтирилган конвертор шлакини ялғиз қайтарувчи печда миссизлантириш технологияси ишлаб чиқилган;

мис ишлаб чиқариш шлаklarини таркибида углерод сақлаган техноген чиқиндилар билан дастлабки тиклаш жараёнида шлак ва тикловчи модда системасида содир бўладиган оксидланиш-қайтарилиш кимёвий реакцияларининг энтальпия, энтропия ва Гиббс энергияларининг ўзгариши, турли ҳароратларда реакция эркин энергияси, тезлиги ҳамда мувозанат доимийликлари ўзгаришининг ҳисоблари мақсадга мувофиқ эканлиги исботланган;

суяқ конвертор шлаklarини углерод сақловчи техноген чиқиндилардан фойдаланиб, дастлабки тиклаш орқали миссизлантирилганда шлак таркибидаги миснинг миқдори 0,71 % дан 0,58 % гача камайиши аниқланган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончилиги аниқ қўйилган вазифа асосида олинган, мис ишлаб чиқариш шлаklarини қайта ишлашда олиб борилган экспериментал тадқиқотларининг қўплиги ва олинган натижаларнинг термодинамик ҳисоблашлар асосида қайта ишлов берилиши, шлакдаги мис, темир, олтингугурт, кремний ва бошқа компонентларнинг кимёвий таҳлили замонавий техника ва технологиялардан фойдаланиш асосида аниқланган физика-кимёвий хоссаларининг кўрсаткичлари, ҳамда экспериментал натижалар билан таққослаш орқали изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти мис ишлаб чиқариш шлаklarини дастлабки тиклаш жараёнида тикловчи модда сифатида таркибида углерод сақлаган техноген чиқиндиларнинг қўлланилиши туфайли шлакдаги оксидланган мис бирикмалари ва магнетитнинг тикланиши, тикланиш натижасида ажралиб чиқадиган технологик газлар суяқ шлакни барботажлаши, барботажланиш натижасида майда штейн томчилари коалесценциясининг ортиши, шлак таркибидаги зарарли бирикма – магнетит миқдорининг камайиши ва бунинг натижасида шлакнинг қовушқоқлиги, зичлиги камайиши, оқувчанлиги ортиши, шлакнинг қовушқоқлиги камайганли туфайли уни эритиш печларида қайта ишлашда зарар етказувчи настил қатламлари пайдо бўлишининг камайиши ҳамда шлак таркибида қолиб кетган штейн ёки мис

томчиларини печ тубидаги асосий штейн қатламига чўкишининг тезлашиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шлак таркибидаги миснинг ажратиб олиниши туфайли миснинг тайёр маҳсулотга ажратиб олиниш даражасининг ортиши, шлакларни суюқ ҳолда қайта ишлаш ёқилғи сарфини тежаш, таркибида углерод сақлаган тикловчи модда сифатида арзон ва яроқсиз автомобил шиналари чиқиндиларининг қўлланилиши эса шлакни қайта ишлаш учун кетадиган сарф-харажатларни камайтириши, қайта ишлаш натижасида ҳосил бўлган миссизланган шлакларни қурилиш хомашёси сифатида ишлатиш имкониятининг пайдо бўлиши, таркибида углерод сақлаган тикловчи модда жараённинг бошида металлургик ковшининг тубига солинганлиги туфайли суюқ шлак эритмаси ва ковш девори орасида газсимон фаза пайдо бўлиб, шлакни ковш деворига ёпишиб қолишидан сақлаши, бу эса металлургик ковшларнинг ишлаш муддатини ошириши, тадқиқотни амалга ошириш учун ҳеч қандай қўшимча дастгоҳлар талаб этилмаслиги, мис ишлаб чиқариш технологик схемасидан четга чиқилмаслиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Маҳаллий иккиламчи ҳосил бўлган техноген чиқиндилардан фойдаланиш асосида мис ишлаб чиқариш шлакларини қайта ишлаш технологиясини такомиллаштириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

кейинги миссизлантириш жараёнида шлакдан мисни ажратиб олишни қийинлаштирувчи – магнетит моддасининг миқдорини камайтириш учун мис эритиш заводи конверторининг суюқ шлакларини таркибида углерод сақлаган техноген чиқиндилар билан қайта ишлаш технологияси жорий қилинган (“ОКМК” АЖ нинг 15 июль 2021 йилдаги № ХА-006062 сонли маълумотномаси). Бунинг натижасида эритма таркибидаги магнетит миқдорини 27 % га камайишига эришилган;

мис бўйича печнинг ишлаб чиқариш унумдорлигини оширишга имкон берувчи таркибида углерод сақлаган техноген чиқиндилар ёрдамида дастлабки тиклаш амалиёти ўтказилган суюқ конвертор шлакларини яллиғ қайтарувчи печида миссизлантириш технологияси жорий этилган (“ОКМК” АЖ нинг 15 июль 2021 йилдаги № ХА-006062 сонли маълумотномаси). Жорий қилиш натижасида шлак билан миснинг йўқолишини 18,4 % га пасайтиришга эришилган;

суюқ конвертор шлаклари билан тикловчи модданинг ўзаро таъсирлашиш юзасини ошириш мақсадида йириклиги 10-15 мм бўлган таркибида углерод сақлаган техноген чиқиндилар ёрдамида суюқ конвертор шлакларини дастлаб металлургик ковшда қайта ишлаб магнетитни камайтириш, сўнгра яллиғ қайтарувчи печда миссизлантириш технологияси жорий қилинган (“ОКМК” АЖ нинг 15 июль 2021 йилдаги № ХА-006062 сонли маълумотномаси). Натижада шихтадан миснинг штейн таркибига ўтиш даражаси 0,4-0,5 % га ёки 96,8 % гача оширилган. Жорий этишдаги маблағ 6 452 450 000 сўмни ташкил этди.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Диссертациянинг тадқиқот натижалари 3 та халқаро ва 4 та республика илмий-амалий анжуманларида ва симпозиумларида муҳокамадан ўтган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 25 та илмий иш чоп этилган. Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларида 9 та мақола, жумладан 3 таси Республика ва 6 таси хорижий журналларда нашр этилган.

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

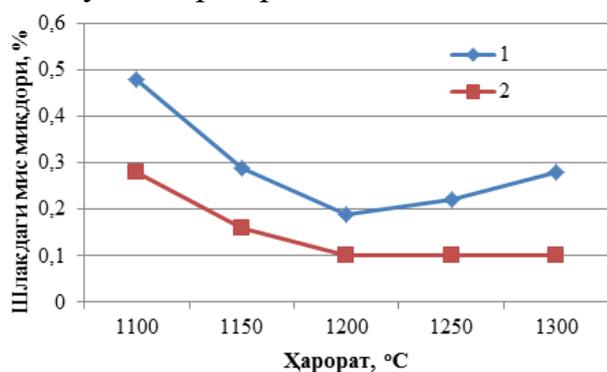
## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида диссертация иши мавзусининг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, тадқиқотнинг объекти ва предмети аниқланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва техника тараққиётининг устувор йўналишларига мувофиқлиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, уларнинг ишончилиги асосланган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, ишни апробация қилиш кўрсатилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

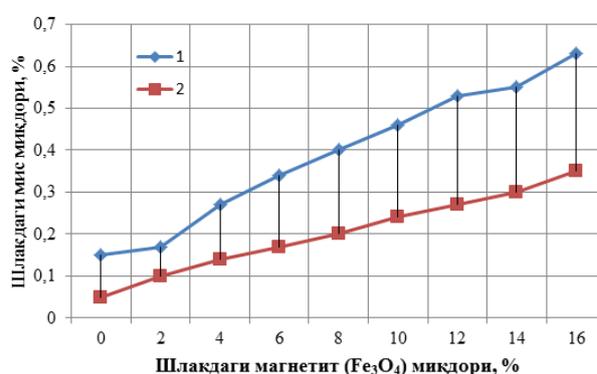
Диссертациянинг **“Мис ишлаб чиқариш шлаklarини термик қайта ишлашнинг замонавий ҳолати ва истиқболлари”** деб номланган биринчи бобида металлларни шлак билан йўқолишининг асосий сабабларини ўрганиш ва таҳлил қилиш, мис ишлаб чиқариш шлаklarини қайта ишлашнинг мавжуд технологиялари ва уларни такомиллаштириш, шлаklarни камбағаллаштиришнинг чиқиндисиз технологияларини жорий қилишнинг замонавий ҳолати таҳлил қилинган. Пирометаллургик усулда мис ишлаб чиқариш эритилган металлга нисбатан кўпроқ шлак чиқиши билан ажралиб туради. Баъзида, эритиш пайтида шлак миқдори металлга бойиган қимматли оралик маҳсулотларнинг миқдоридан ўн баробар кўп бўлади. Шунинг учун шлак таркибидаги мис миқдори нисбатан паст бўлса-да, жараёнлардаги умумий йўқотишлар сезиларли даражада бўлади. Масалан, яллиғ қайтарувчи эритиш печининг шлакларидаги миснинг миқдори 0,45-0,65% оралиғида, кислород-машъалали эритиш печида ҳосил бўлган шлакларда 0,6-0,9%, конвертор шлакларида эса мис миқдори ўртача 3,5 % ни ташкил этади. Мис ишлаб чиқарилишида ҳосил бўлган шлаklarни қайта ишлашнинг барча маълум усуллари куйидаги асосий йўналишларга бўлиш мумкин: гидрометаллургия; флотация; пирометаллургия; комбинациялашган. Ҳар бир йўналишнинг ўзига хос афзалликлари ва камчиликлари бор. Уларнинг қўлланилиши хомашё таркиби, эритиш услуби ва корхоналарнинг ўзига хос шароитлари билан белгиланади.

Диссертациянинг “Тадқиқот объектларини танлаш ва мис ишлаб чиқариш шлакларини қайта ишлаш технологиясини такомиллаштиришнинг тадқиқот усуллари” деб номланган иккинчи бобида тадқиқот объектларини танлаш баён этилган, қўлланиладиган хомашёларнинг кимёвий таркибининг таҳлиллари тақдим этилган бўлиб, уларнинг кимёвий ҳамда физикавий хоссаларинини ўрганишда замонавий усул ва дастгоҳлардан фойдаланилган. Тадқиқотнинг асосий объектлари сифатида “Олмалик КМК” АЖ мис эритиш заводининг конвертор шлаклари ва автомобил шиналари чиқиндиларининг резинали қисмлари танланган. Асосий синов-тажриба олиб бориладиган моддалар магнетит ( $Fe_3O_4$ ), темир, мис ва олтингугурт бўлган.

Диссертациянинг “Чиқинди шлакдаги мис миқдорини камайтиришнинг асосий технологик параметрларини аниқлаш ва уларнинг мониторинги” деб номланган учинчи бобида шлакларни термик қайта ишлаш мобайнида улардаги миснинг миқдорига таъсир этувчи асосий омилларни аниқлаш ва таҳлил қилиш, шлакларни термик қайта ишлашда шлак ва тикловчи модда системасида содир бўладиган тикланиш реакцияларини ўрганиш, ҳаво иштирокисиз автомобил шиналари чиқиндисини термик қиздириш вақтида юз берадиган физик-кимёвий ўзгаришларни ўрганиш ҳамда таҳлил қилиш тадқиқотлари ҳақида маълумотлар берилган.



1-расм. Шлак билан мис йўқотилишига ҳарорат таъсири



2-расм. Магнетитнинг шлакли мис йўқотилишига таъсири: 1-жами йўқотишлар; 2-эриган ҳолидаги йўқотишлар

Миснинг йўқотилишига ҳароратнинг таъсири шлакнинг таркибига боғлиқ эканлиги 1-расмда тасвирланган.

Ҳароратнинг ортиши кислотали муҳитга эга бўлган шлак таркибидаги мис миқдорининг камайишига олиб келади. Ҳарорат кўтарилгач, асосли муҳитга эга бўлган шлак таркибидаги мис миқдори аввал механик йўқотишларнинг камайиши ҳисобига камаяди, кейин эса миснинг эрувчанлиги ошиши туфайли ортади. Миснинг шлак билан чиқиб кетишига шлак таркибидаги магнетитнинг таъсири 2-расмда кўрсатилган.

Магнетит миқдорининг кўпайиши шлакдаги миснинг механик ва эриган ҳолидаги йўқотишларининг кўпайишини олиб келади. Миснинг механик йўқотишларининг ошишини шлак фазасида муаллақ ҳолда қолиб кетган

жуда майда штейн томчиларининг катталашини учун шароитларнинг ёмонлашини билан, миснинг эриган ҳолидаги йўқотишларнинг кўпайишини эса магнетит концентрациясининг ошиши билан ёки шлакнинг оксидланиш салоҳиятининг ошиши билан тушунтириш мумкин.

Шлак таркибидаги мис миқдорини камайтиришнинг бир нечта техник ечимлари ишлаб чиқилган:

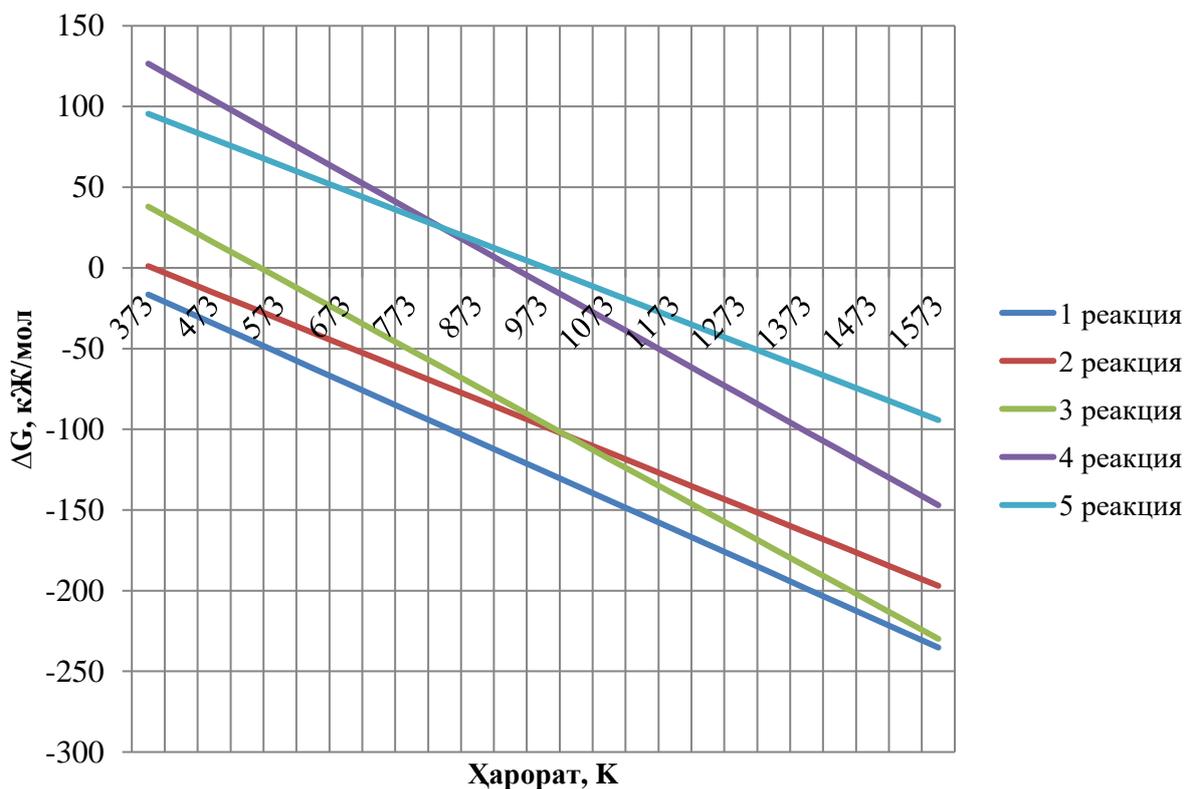
- I. Шлак ҳосил бўлишини минималлаштириш.
- II. Шлак таркибидаги мис концентрациясини минималлаштириш.
- III. Пирометаллургик шлакни печдан тез-тез чиқариб туриш.
- IV. Шлак минералларини қайта ишлаш.

Миснинг шлак билан йўқотилишига олиб келаётган сабабларни ўрганиш кейинги мис ишлаб чиқариш шлакларини қайта ишлаб мисни ажратиб олиш унумдорлигини оширишда алоҳида аҳамият касб этди. Мис ишлаб чиқариш шлакларини қайта ишлаш технологиясини такомиллаштириш ва нисбатан кўпроқ иқтисодий самарага эга бўлиш мақсадида яроқсиз автомобил шиналари чиқиндисини маҳаллий тикловчи модда сифатида қўллаш усули ишлаб чиқилди. Бунда, дастлаб жараённинг назарий асослари ўрганилди. Яроқсиз автомобил шиналари чиқиндисидан фойдаланиб мис ишлаб чиқариш шлакларини қайта ишлаш тадқиқотини ўтказиш мобайнида шлак ва тикловчи модда системасида содир бўладиган физик-кимёвий ўзгаришлар тадқиқ этилиб, тегишли тикланиш кимёвий реакциялари аниқланди. Тикланиш жараёнларида оқиб ўтадиган ҳар бир карботермик реакциянинг термодинамик таҳлили келтирилди. Мос равишда тегишли кимёвий реакцияларнинг ҳароратга боғлиқлик тенгламалари тузилди ва улар қуйидагича:



Юқорида келтирилган барча тикланиш реакцияларининг термодинамик таҳлилидан фойдаланиб, шлакни углеродли тикловчилар иштирокида қайта ишлаш жараёнида оқиб ўтадиган барча кимёвий реакциялар учун Эллингем диаграммаси тузилди ва у 3-расмда тасвирланган.

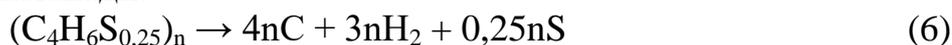
Шлак ва углерод системасида оқиб ўтадиган барча карботермик реакциялар ичида энг секин борадиган (лимитловчи) реакция вюститнинг тикланиш реакцияси бўлганлиги сабабли системанинг оптимал ҳарорати айнан шу вюститнинг тикланиш реакцияси ҳарорати билан аниқланади.



**3-расм. Шлак – углерод системасида оқиб ўтадиган барча карботермик реакцияларнинг умумий Эллингем диаграммаси**

3-расмда тасвирланган графигдан шуни кўришимиз мумкинки, эндотермик реакцияларни инобатга олган ҳолда вюститнинг тикланиш эҳтимоллиги 1150 °C (1423 K) хароратга мувофиқ келади. Ушбу хароратда бошқа кимёвий реакцияларнинг оқиб ўтиш эҳтимоллиги жуда юқори.

Шлакларни қайта ишлашда тикловчи модда сифатида яроқсиз автомобил шиналари қўлланилганлиги сабабли резинали материалларни юқори хароратда парчаланишини ўрганиш муҳим аҳамият касб этади. Лаборатория печидан 1200 - 1240 °C хароратга эга бўлган шлак тигелга қўйилганда тигел ичидаги (олдиндан солиб қўйилган) автомобил шиналари чиқиндиси бўлаклари билан тўқнашади ва системада оксидланиш-қайтарилиш кимёвий реакциялари содир бўлади. 1000 - 1240 °C харорат оралиғида яроқсиз автомобил шиналари чиқиндиларининг резинали қисмида мавжуд бўлган углеводородлар углерод, водород ва олтингугурт ҳосил бўлиши билан парчланади:



Ушбу моддаларнинг оксидланиш жараёнининг турли хусусиятларини билиш алоҳида аҳамиятга эга. Полимерларнинг кўпчилиги ёниб кетганда, аланга харорати 1500-1700 °C га етади. Бу ёғоч, қўнғир кўмир каби кенг тарқалган материаллар учун мос келадиган қийматдан сезиларли даражада юқори. Олов кўпчилик синтетик полимерларни ёндирганда, кучли иссиқлик нурланишига эга бўлган ёрқин тутун ҳосил бўлади. Синтетик полимер материалларни ёнишининг яна бир хусусияти кўп миқдорда захарли ва қалин қора тутун ҳосил бўлишидир.

Резина ёнганда қора тутун ҳосил қилиб ёнишининг асосий сабаби - бу кислороднинг етишмовчилигидир. Бунда иссиқлик таъсирида парчаланиш натижасида моддаларнинг ҳосил бўлиш тезлиги кислороднинг реакцион зонага диффузиясидан юқори бўлади.

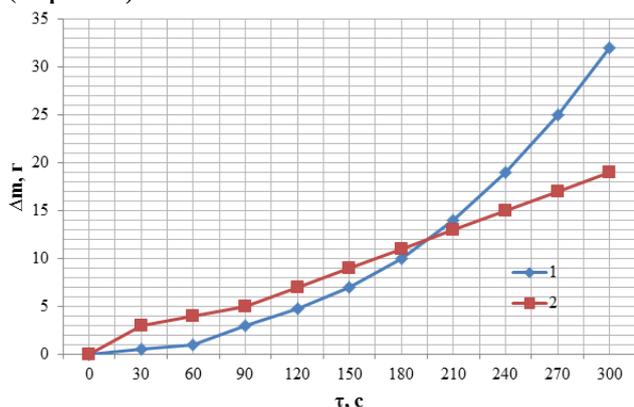
Автомобил шиналари чиқиндисини резинали қисмининг оксидланиш реакцияси тезлиги одатда фазаларни ажратиш майдонининг бирлигига ишора қилинади:

$$V_m = \frac{1}{S} \cdot \frac{dm}{dt} \quad (7)$$

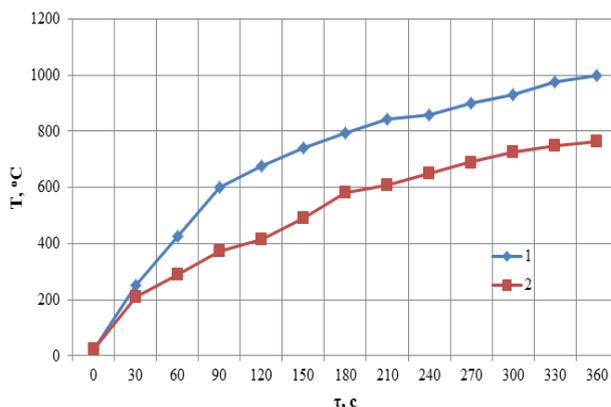
Бу ерда:  $S$  – фазалараро майдон,  $m$  – резинанинг массаси,  $\tau$  – вақт.

$V_m$  нинг қиймати оммавий оксидланиш тезлиги деб аталади. Резина массасининг оксидланиш тезлигини аниқлаш учун вақт ўтиши билан ёнаётган модда массасининг ўзгаришини аниқлаш кифоя.

Резинанинг қизиган сууқ шлак таркибидаги магнетит ва оксидланган мис бирикмалари билан таъсирлашиши ва бунинг натижасида оксидланиш реакцияси тезлигининг вақт бирлиги ичида ўзгариши, тикловчи модда сифатида қўлланилаётган резина массасининг камайиши билан аниқланади (4-расм).



**4-расм. Резина (1) ва қўғир қўғир (2) намуналари массасининг (Δm) шлак компонентлари билан таъсирлашиш вақтига (τ) бўлиқлиги**



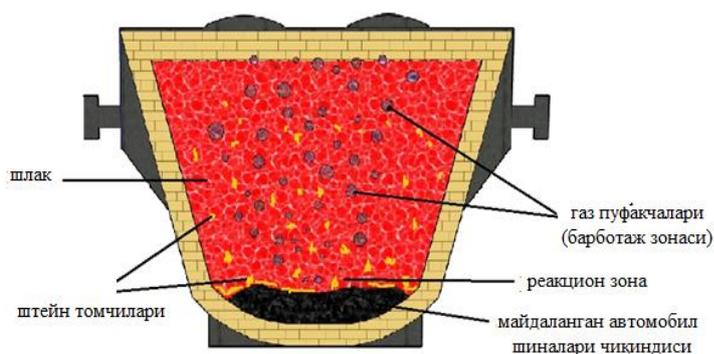
**5-расм. Резина (1) ва ёғоч (2)нинг аланга ҳароратининг уларнинг аланга таъсир қилиш вақтига (τ) бўлиқлиги**

4-расмда кўрсатилган графикда тўғридан-тўғри оксидланиш таъсирида резина ~ 1,5 дақиқада оксидланиб улгуради, қўғир қўғир эса 0,5 дақиқада оксидланишни бошлайди. 2,5 дақиқадан сўнг бутун резина массаси оксидланиб кетади. Бутун қўғир қўғир эса 1 дақиқадан камроқ вақт ичида оксидланади. Кўриб чиқилаётган материалларнинг оммавий оксидланиш тезлиги бутун массани оксидланиш пайтидан бошлаб ҳисоблаб чиқилган. Бундай ҳолда, бу вақт оралиқларида масса йўқолишининг вақтга бўлиқлиги аниқланди. Резина қолдиқларининг оксидланиш массаси  $0,97 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{мин}^{-1}$ , қўғир қўғирники эса  $0,48 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{мин}^{-1}$  ни ташкил этган.

Резинанинг оксидланиши пайтида аланга ҳарорати қўғир қўғир учун мос келадиган ҳароратдан 150-250 °C га ошади (5-расм). Резинанинг оксидланиш массаси  $0,97 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{мин}^{-1}$  ни ташкил қилиши, унинг қўғир қўғир учун мос келадиган характеристиканинг икки баробарига кўплигини билдиради.

Шлакни конвертордан металлургик ковшга қўйгандан сўнг, ковшга олдиндан солиб қўйилган майдаланган автомобил шиналари чиқиндилари билан таъсирлашиб, реакцион зонада резинани ташкил қилувчи компоненилар углерод, водород ва олтингугуртга қадар парчаланеди ва бунинг натижасида қўшимча тикловчи моддалар ҳосил бўлади.

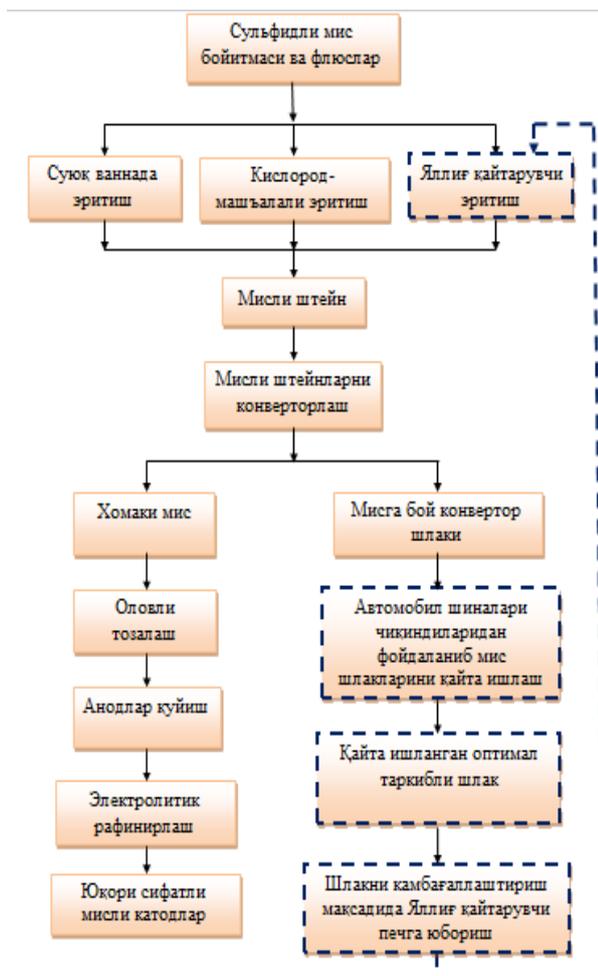
Ҳосил бўлган тикловчи моддалар шлакдаги магнетитнинг камайишидан сўнг, шлакнинг зичлиги ва қовушқоқлиги пасаяди ва бу тизимда шлак-штейн фазасини ҳосил қилиш имконини беради. Юқори зичлик туфайли ҳосил бўлган сульфидлар, темир ва миснинг металллик томчилари ванна тубига чўкиб штейн фазасини шакллантиради. Тикланиш ва сульфидланиш жараёнларида ҳосил бўлган газлар эритмаларни барботажлайди ва аралаштиради, бу эса кичик радиусли, бир-бирига яхши аралашмайдиган, шлак ҳажмида муаллақ қолиб кетган суюқ сульфидли томчиларни тезроқ бирлаштириб штейн қатламига чўкиш жараёнини кучайтиришга имкон беради.



**6-расм. Автомобил шиналари чиқиндилари ёрдамида мис шлаklarини қайта ишлаш схемаси**

Диссертациянинг “**Мис ишлаб чиқариш шлакларидан мисни ажратиб олишнинг асосий технологик параметрларини аниқлаш тадқиқоти**” деб номланган тўртинчи бобида натижаларни синовдан ўтказиш, мис ишлаб чиқариш шлакларини қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқаришга жорий қилиниши ёритиб берилган.

Бажарилган илмий тадқиқот ишлари натижаси бўйича, мис ишлаб чиқариш шлакларини қайта ишлаш технологиясига ўзгартиришлар киритилди, яъни конвертор шлакини дастлабки тиклаш жараёнида тикловчи модда сифатида ярқисиз автомобил шиналари чиқиндиларидан фойдаланилган. Қолган мис шлакларини қайта ишлаш технологик жараёнлари ўзгаришсиз қолган. Қиёсий таҳлил ўтказиш мақсадида “Олмалик КМК” АЖнинг анъанавий мис ишлаб чиқариш схемаси (7-расм) ва ишлаб чиқилган такомиллаштириш жараёнининг технологик схемалари тузилди (8-расм).



**7-расм. АЖ ОКМК технологиясидан фойдаланган ҳолда мис ишлаб чиқаришнинг аъъанавий технологик схемаси**

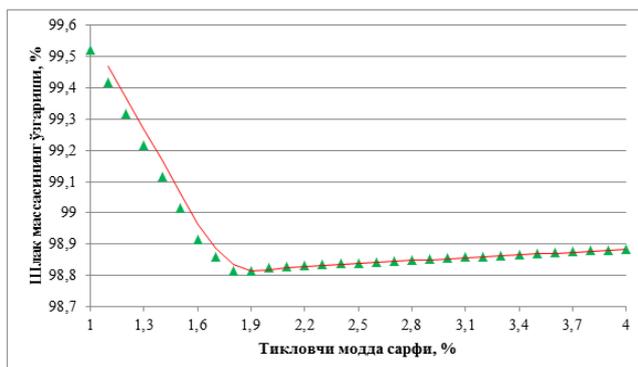
7- ва 8-расмлардаги яроқсиз автомобил шиналари чиқиндиси ёрдамида мис шлакини қайта ишлаш бўйича тавсия этилган технологик схема чизикли контур билан кўрсатилган. Ўтказилган тадқиқотлар “Олмалиқ КМК” АЖда мис эритиш шлакларини қайта ишлаш бўйича кам чиқиндили технологияни ишлаб чиқиш, ишлаб чиқариш шароитида синовдан ўтказиш ва жорий этиш имконини берди.

Бу технологиянинг афзалликлари шундан иборатки, таклиф этилаётган жараён мис ишлаб чиқаришда умумий технологик циклдан чиқмасдан амалга оширилади ва шу билан бирга мис ишлаб чиқариш шлакларидан мисни ажратиб олиш даражаси ошади. Бундан ташқари, ушбу технология қўшимча техник қурилмалар ва аппаратларни талаб қилмайди.

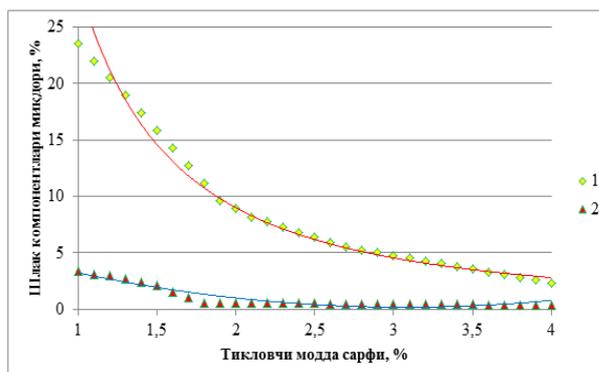
Яроқсиз автомобил шиналари чиқиндиси ёрдамида конвертор шлакларини қайта ишлашнинг саноат синов-тажрибалари натижаси шуни кўрсатдики, реакцион системада тикловчи модданинг сарфи ортиши билан шлакнинг массаси мос равишда камайиши аниқланган. 9-расмда тасвирланган графикда тикловчи модданинг сарфи дастлабки шлак массасига нисбатан 1,8 % ни ташкил этганда конвертор шлакининг массаси максимал даражада камайганлиги кузатилган.



**8-расм. Яроқсиз автомобил шиналари ёрдамида сууюк конвертор шлакларини қайта ишлашнинг таклиф этилган технологик схемаси**



**9-расм. Тикловчи модда сафрининг ортиши билан шлак массасининг камайиши орасидаги боғлиқлик**

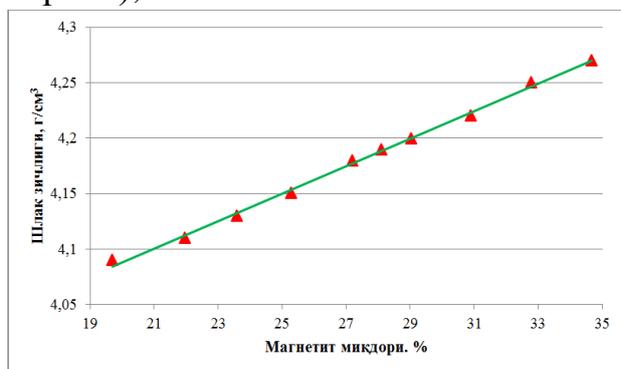


**10-расм. Тикловчи модда сафри билан конвертор шлакидаги магнетит (1) ва оксидланган мис бирикмалари (2) орасидаги боғлиқлик**

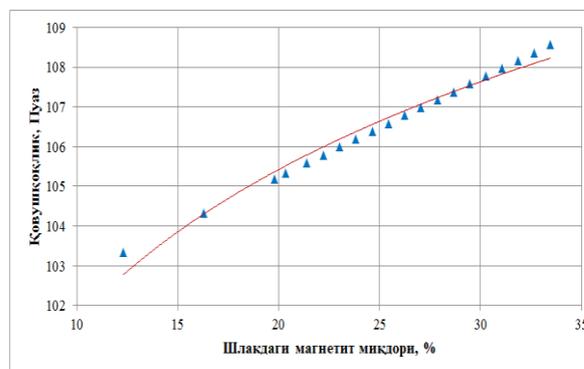
Суяқ конвертор шлаklarини металлургик ковшда яроқсиз автомобил шиналари ёрдамида қайта ишлаб ундаги магнетитни камайтириш технологиясини қўллаш асосида қуйидаги технолгик кўрсаткичларга эришилган:

конвертор шлакидаги оксидланган миснинг миқдори шлакда магнетит миқдори пасайиб бориши билан камайиши аниқланган (10-расм). Бунинг натижасида кейинги яллиғ қайтарувчи эритиш печида миссизлантириш жараёнида шлак билан чиқиб кетадиган мис миқдорини 18,4 % га камайиши аниқланган;

шлакдаги магнетитни яроқсиз автомобил шиналари чиқиндиси ёрдамида тиклаш натижасида шлакнинг умумий зичлиги 4,27 дан 3,95 г/см<sup>3</sup> гача (11-расм), қовушқоқлик эса 108,56 дан 103,35 Пуазгача камайганлиги аниқланган (12-расм);



**11-расм. Конвертор шлакидаги магнетитнинг миқдorigа шлак зичлигининг боғлиқлиги**



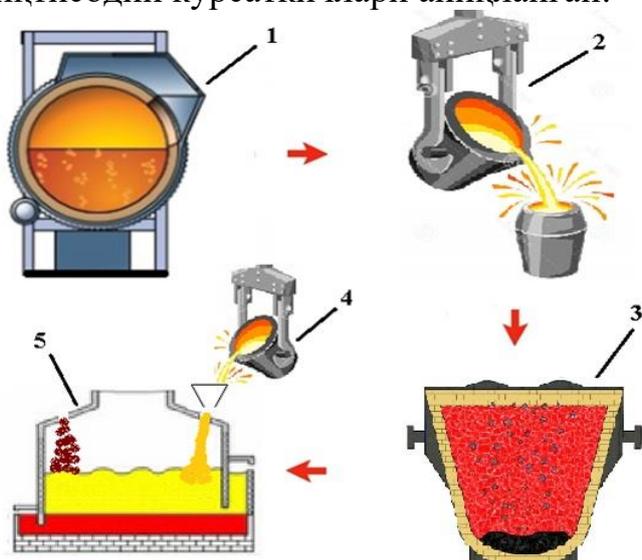
**12-расм. Конвертор шлакидаги магнетит миқдорининг ортиб бориши билан шлак қовушқоқлигининг ўзгариши**

тиклаш жараёнида сарфланадиган яроқсиз автомобил шиналари чиқиндисининг оптимал сарф кўрсаткичлари топилган. Бунда дастлабки тикловчи модда сифатида қўлланиладиган яроқсиз автомобил шиналари чиқиндисининг сарфи шлак массасига нисбатан 1,8 % ни ташкил этган;

тикловчи модданинг сарфи 1,8 % ни ташкил этганда шлакдаги магнетит миқдори 11,202 % гача, миснинг шлакдаги умумий миқдори 0,59 % гача,

конвертор шлакининг массаси эса дастлабки массасига нисбатан 1,3 % гача камайганлиги аниқланган.

Амалга оширилган тадқиқотлар асосида конвертор шлаklarини таркибида углерод сақлаган маҳаллий иккиламчи ҳосил бўлган техноген чиқиндилар асосида қайта ишлашнинг технологик ва аппаратлар занжири схемаси ишлаб чиқилган (13-расм) ҳамда жараённинг асосий техник-иқтисодий кўрсаткичлари аниқланган.



**13-расм. Яроқсиз автомобил шиналари ёрдамида суюқ конвертор шлаklarини қайта ишлаш учун аппаратлар занжирининг схемаси:**

**1-горизонтал конвертор; 2-тикловчи модда солинган ковшга суюқ конвертор шлакини қуйиш; 3-резина компонентларнинг шлак билан ўзаро таъсирлашиш жараёни; 4-қайта ишланган шлак; 5-шлаklarни миссизлантириш учун яллиғ қайтарувчи печи**

## ХУЛОСА

“Маҳаллий иккиламчи ҳосил бўлган техноген чиқиндилардан фойдаланиш асосида мис ишлаб чиқариш шлаklarини қайта ишлаш технологиясини такомиллаштириш” мавзусидаги диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилган:

1. Миснинг шлак билан исрофини камайтириш мақсадида конвертор шлакини суюқ ҳолида қайта ишлаш мобайнида жараёнда тикловчи модда сифатида қўшиладиган автомобил шиналари чиқиндисининг сарфланадиган миқдори аниқланди. Бу маълумотлар миснинг шлак билан исрофини камайтиришда муҳим аҳамият касб этади;

2. Металлургик ковшга дастлаб яроқсиз автомобил шиналари чиқиндисининг майдаланган бўлаклари солиниб, сўнгра унинг устига суюқ конвертор шлакини қуйишнинг оптимал усули ишлаб чиқилди. Бу усул юқори ҳароратли конвертор шлаки иссиқлигидан фойдаланиб мис ишлаб чиқариш шлаklarини қайта ишлашнинг самарали технологиясини ишлаб чиқиш учун хизмат қилади;

3. Ҳарорати ўртача 1200 °C бўлган суюқ конвертор шлакини таркибида углерод сақлаган маҳаллий тикловчи модда иштирокида ковшда қайта ишлаб, сўнг уни яллиғ қайтарувчи эритиш печида миссизлантириш технологияси ишлаб чиқилди. Бу конвертор шлаки таркибидаги магнетитнинг миқдорини камайтириш учун тикловчи модда сифатида яроқсиз автомобил шиналаридан фойдаланиш имконини беради;

4. Тикланиш реакциялари натижасида ҳосил бўладиган газлар суюқ шлак ваннасини барботажлаб аралаштириши ва бунинг оқибатида суюқ шлак системасидаги майда штейн заррачаларининг тезроқ коалесценцияланиши аниқланди. Коалесценциянинг тезлашиши эса бир-бирига таркиби ва хоссаси яқин бўлган модда заррачаларининг тезроқ бирлашиб, алоҳида фазаларга (шлак, металл, штейн) бўлинишини таъминлаш учун хизмат қилади;

5. Суюқ конвертор шлаklarини яроқсиз автомобил шиналари чиқиндиси билан қайта ишлаш, мис шлаklarини анъанавий усулда қайта ишлашнинг технологик режимларига таъсир этмаслиги аниқланди. Бу маълумотлар таклиф этилаётган усулни қўллаш билан мавжуд технологик регламентларнинг ўзгартирилмаслиги учун хизмат қилади;

6. Конвертор шлакидаги магнетитни тиклашда сарфланадиган автомобил шиналари чиқиндисининг миқдори шлак массасига нисбатан 1,8 % ни ташкил этганлиги аниқланди. Олинган натижалар конвертор шлаки таркибидаги магнетитнинг миқдорини 27 % га камайтиришга имкон беради;

7. Суюқ конвертор шлаklари билан тикловчи модданинг ўзаро таъсирлашиш юзасини ошириш мақсадида йириклиги 10-15 мм бўлган таркибида углерод сақлаган техноген чиқиндилар ёрдамида суюқ конвертор шлаklarини дастлаб металлургик ковшда қайта ишлаб магнетитни камайтириш, сўнгра яллиғ қайтарувчи печда миссизлантириш технологияси жорий қилинди. Мазкур технологияни жорий қилиш натижаси шихтадан миснинг штейн таркибига ўтиш даражасини 0,4-0,5 % га ёки 96,8 % гача оширишга имкон беради;

8. Конвертор шлакини дастлаб металлургик ковшда қайта ишлаб, сўнгра яллиғ қайтарувчи печда миссизлантиришнинг принципиал технологик схемаси ишлаб чиқилди. Бу натижалар маҳаллий иккиламчи ҳосил бўлган техноген чиқиндилардан фойдаланиш асосида мис ишлаб чиқариш шлаklarини қайта ишлаш технологиясини такомиллаштириш учун хизмат қилади;

9. Тавсия этилаётган технология бўйича суюқ конвертор шлаklarини таркибида углерод сақловчи техноген чиқиндилардан фойдаланиб дастлабки тиклаш йўли билан печда миссизлантирилганда печнинг шлаки таркибидаги миснинг миқдори 0,71 % дан 0,58 % гача камайишига эришилди. Натижада бошқа анъанавий тикловчи моддалар сарфининг тежалиши ҳамда мисни ажратиб олиниш даражасининг ортиши ҳисобига йилига 6 452 450 000 (олти миллиард тўрт юз эллик икки миллион тўрт юз эллик минг) сўм иқтисодий самарага эришилди.

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

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**ХОЖИЕВ ШОХРУХ ТОШПУЛАТОВИЧ**

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ  
ШЛАКОВ МЕДНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
МЕСТНЫХ ВТОРИЧНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ**

**05.02.01 –Материаловедение в машиностроении. Литейное производство.  
Термическая обработка и обработка металлов давлением. Metallургия 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– 2022**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером B2021.3.PhD/T2385**

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](http://www.tdtu.uz)) и информационно-образовательном портале «Ziynet» по адресу ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Научный руководитель:** **Бердияров Бахриддин Тиловқабулович**  
доктор философии по техническим наукам (PhD), доцент

**Официальные  
оппоненты:** **Дуняшин Николай Сергеевич**  
доктор технических наук, профессор

**Толибов Бехзод Иброхимович**  
доктор технических наук, и.о. профессор

**Ведущая организация:** **Ташкентский химико-технологический институт**

Защита диссертации состоится «9» апрель 2022 г. в 14<sup>00</sup> 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: ([tadqiqotchi@tdtu.uz](mailto:tadqiqotchi@tdtu.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрирована за №250) (Адрес: 100095, г. Ташкент, Алмазарский район, ул. Университетская, 2. Тел./факс: (99871) 227-10-32).

Автореферат диссертации разослан «26» март 2022 года.  
(реестр протокол рассылки № 139 от «26» март 2022 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

**Н.Д.Тураходжаев**  
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 особое значение имеет уменьшение количества меди в шлаках медного производства в пирометаллургическом процессе и, кроме этого, дополнительная экономия углеродсодержащих восстановительных компонентов. При этом, на основе традиционной технологии одной из важных задач при производстве меди является изучение физико-химических процессов, протекающих при обработке шлаков медного производства восстановителями с последующим обезмеживанием в плавильных печах. В связи с этим развитые страны, в том числе США, Япония, Россия и страны-лидеры по переработке меди, Чили, Китай, Перу, Австралия и другие страны уделяют особое внимание уменьшению потерь меди со шлаками при переработке медных концентратов.

Во всем мире проводятся обширные исследования в области разработки ресурсосберегающих технологий производства металлов и их сплавов. В связи с этим важное значение имеет разработка восстановительной технологии извлечением меди из шлаков медного производства путем восстановления магнетита, оказывающего негативное влияние на процесс, а также разработка эффективной технологии переработки медных шлаков с высоким содержанием железа и кремния. При этом является необходимым разработка ресурсосберегающей технологии при переработке шлаков медного производства.

В Республике разрабатываются мероприятия по организации современного производства меди с одновременно непрерывным обеспечением концентратов из различных месторождений, а также меры контроля по изменению особенностей процесса переработки медных шлаков под влиянием внешних условий в предстоящий период. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы, были поставлены задачи, в том числе «...укрепление макроэкономической стабильности и поддержание высоких темпов экономического роста, повышение конкурентоспособности национальной экономики, ...снижение энерго- и ресурсоемкости в экономике, разработка широкого внедрения в производство энергосберегающих технологий». Весьма важным является решение этих задач по увеличению производительности агрегат, а также исследование процессов переработки шлаков медного производства и разработка рентабельной технологии, обеспечивающая показатель качества продукции.

Данное диссертационное исследование в определенной степени послужит выполнению задач предусмотренных в Указе Президента РУз № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», в постановления № ПП-5024- от 21 апреля 2017 года «О совершенствовании системы государственного управления в области экологии и охраны окружающей среды» № ПП-5863 от 30 октября 2019 года «Об утверждении Концепции охраны окружающей среды Республики Узбекистан на период до 2030 года», № ПП-2698 от 26

декабря, 2016 «О мерах по дальнейшей реализации перспективных проектов локализации производства готовых видов продукции, комплектующих изделий и материалов на 2017-2019 годы», № ПП-3682 от 27.04.2018 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», № ПП-5159 от 24 июня 2021 г. «О дополнительных мерах по развитию горно-металлургической промышленности и смежных отраслей», а 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 приоритетными направлениями развития науки и технологии в республике: II. «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение».

**Степень изученности проблемы.** Учеными всего мира были проведены многочисленные исследования по совершенствованию технологии переработки шлаков медного производства. Ведущие ученые мира Sineva S., Szczepaniak W., Traista E., Kart E., Phiri T., Singh P., Isaksson J. проводили научно-исследовательские работы по оптимизации процессов переработки шлаков медного производства. В результате этих исследований было достигнуто повышение производительности отражательной печи для переработки шлаков медного производства. Liao Y., Gabasiane T., Kolmachikhina O., Gargul K., Ploeje C., Tesfaye F., Anderson A., Pavez O. разработали способ применения восстановителей при переработке шлаков медного производства, в результате этого было достигнуто повышение производительности плавильных печей качество продукции.

Ученые СНГ такие как: Федоров С., Досмухамедов Н., Дюссебекова М., Надиров Р., Туран М., Карамырзаев Г., Роцин В., Лыкасов А., Бородин И. полностью исследовали причины образования компонентов, способствующих увеличению потерь меди при переработке сульфидных медных концентратов в плавильных печах, в результате был разработан метод по уменьшению образования этих веществ. Ванюков А., Зайцев В., Тарасов А., Купряков Ю., Быстров В., Каплан В. применили восстановительные элементы такие, как кокс, уголь в технологические процессы выплавки медного сырья и достигли изменений в теплотехнических режимах плавильных печей. Также в Узбекистане ведутся научно-исследовательские работы по усовершенствованию технологии переработки шлаков медного производства (А.Юсупходжаев, А.Хасанов, М.Якубов, К.Санакулов, А.Атаханов, Н.Аскарлова, Ш.Мухаметджанова и др.). Узбекские ученые А.А. Юсупходжаев, М.М. Якубов разработали технологию по снижению потерь меди с отвальными шлаками на 20% за счет переработки конвертерных шлаков медного производства с клинкером цинкового производства. А.С.Хасанов разработал термогравитационный метод переработки шлаков медного производства в жидком состоянии.

Хотя в области усовершенствования процесса переработки шлаков медного производства достигнуто много научных результатов, остается еще много нерешенных вопросов. Невозможность выделения окисленных соединений меди из твердых шлаков флотационным обогащением, низкая степень растворения меди в шлаках при гидрометаллургической выщелачивании, большие энерго- и капитальные затраты на дробление и измельчение фаялитовых медных шлаков, недостаточно изучены причины влияющие на формирование магнетита, негативно влияющий на процесс обезмеживания шлаков в металлургических печах. Для решения вышеуказанных задач необходимо разработать или усовершенствовать действующие технологии по минимизированию количества вредных соединений, обезмеживанию шлаков по меди, предварительной переработкой в восстановительной среде перед получением шлака с оптимальным составом, переработке шлаков медного производства с применением восстановительных элементов в процессе восстановления с учетом их себестоимости.

**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 ОТ-А13-02 «Технология снижения потерь меди с отвальными шлаками и организация малоотходного производства» (2017-2018), в рамках государственных научно-технических программ прикладной проект ПЗ-20170929768 «Разработка технологии переработки медных шлаков с выделением ценных компонентов» (2019-2020 гг.), хозяйственного договора № 63-172 юр х/ш 5/20 «Анализ вещественного состава вторичных техногенных отходов АО «Алмалыкский ГМК» для определения ресурса редких, рассеянных, благородных, цветных и черных металлов» (2020-2021), а также в рамках НИР на тему «Разработка ресурсосберегающих и энергосберегающих технологий переработки вторичных техногенных отходов и местных полезных ископаемых», выполненной профессорско-преподавательским составом кафедры «Металлургия» во второй половине дня.

**Цель исследования** является усовершенствование технологии переработки конвертерных шлаков медного производства с применением в качестве восстановителей местных углеродсодержащих вторичных техногенных отходов.

**Задачи исследования:**

-изучение данных о существующих технологиях и свойствах по переработке шлаков медного производства;

-изучение взаимодействия местных восстановителей с высокотемпературным жидким шлаком с целью разработки эффективной технологии обеднения шлаков, образующихся в медеплавильных печах;

- изучение влияния на степень сульфуризации взаимодействия магнетита в составе шлака, образованного в медеплавильных печах, с

местными углеродсодержащими восстановителями;

-определение оптимального расхода местных углеродсодержащих восстановителей, снижающих количество магнетита в шлаках, образующихся в медеплавильных печах.

**Объектом исследования** являются шлаки медного производства, образованные в процессе конвертирования и местные вторичные углеродсодержащие техногенные отходы.

**Предметом исследования** является усовершенствование технологии переработки конвертерных шлаков путем предварительного восстановления и последующим обеднением в отражательной печи, с целью повышения эффективности производства меди.

**Методы исследования.** В процессе исследования использовались современные теоретические и прикладные комплексные методы исследования, методы термодинамического анализа, лабораторные, полупромышленные и промышленные эксперименты, гранулометрический анализ, анализ химического и вещественного состава, методы микроскопического фазового анализа.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

определено уменьшение количества магнетита в шлаке в результате взаимодействия жидкого конвертерного шлака медного производства с местными вторичными углеродсодержащими техногенными отходами;

определено, что при добавлении непригодных автомобильных шин в состав жидкого конвертерного шлака, как местного углеродсодержащего восстановителя, в которых под влиянием высоких температур разлагаются резина и другие углеводороды образуются такие восстановительные элементы как углерод, водород и сера;

определено, снижение содержания меди со шлаком при обезмеживании в плавильной отражательной печи предварительно восстановленного жидкого конвертерного шлака с применением местных углеродсодержащих техногенных отходов;

определено, увеличение поверхности взаимодействия восстановителя с жидким конвертерным шлаком при использовании в качестве восстановителя углеродсодержащих техногенных отходов крупностью 10-15 мм, лучшее усваивание восстановителя жидким шлаком и увеличение перехода меди из переработанного конвертерного шлака в состав медного штейна при последующем процессе обезмеживания.

**Практические результаты** исследования следующие:

разработан способ переработки шлаков медного производства путем добавления углеродсодержащих техногенных отходов, снижающий количество магнетита, затрудняющий извлечение меди;

разработана технология обезмеживания конвертерных шлаков, с уменьшенным количеством магнетита, в отражательной печи, увеличивающая производительность меди;

обоснована целесообразность расчета изменения константы равновесия, энтальпии, энтропии и энергии Гиббса, а также расчеты изменения свободной энергии и скорости протекания реакций при различных температурах в системе шлак-восстановитель в процессе предварительного восстановления шлаков медного производства использованием углеродсодержащих техногенных отходов;

установлено, что при обеднении жидкого конвертерного шлака предварительным восстановлением с использованием углеродсодержащих техногенных отходов, содержание меди в шлаке снижается с 0,71 % до 0,58 %

**Достоверность полученных результатов** Достоверность результатов исследования определяется количеством экспериментальных исследований по переработке медных шлаков и обработки результатов на основе термодинамических расчетов, химического анализа меди, железа, серы, кремния и других компонентов в шлака с использованием современных приемов и технологий по показателям физико-химических свойств, а также путем сравнения с экспериментальными результатами.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования объясняется тем, что восстановление окисленных соединений меди и магнетита в шлаках за счет использования углеродсодержащих техногенных отходов в качестве восстановителя при начальном восстановлении медных шлаков, барботирование жидких шлаков выделяющимися технологическими газами при восстановлении вредное соединение - уменьшение количества магнетита и, как следствие, снижение вязкости, плотности, пластичности шлака, снижение вязкости шлака за счет уменьшения образования вредных настиловых слоев при его переработке в плавильных печах.

Практическая значимость результатов исследования объясняется тем, что выделение меди из шлака увеличивает скорость выделения меди в готовую продукцию, переработка шлака в жидком виде позволяет экономить топливо, а использование дешевых и непригодных отходов автомобильных покрышек в качестве углеродсодержащий восстановитель снижает затраты на переработку шлака, возможность использования в качестве сырья обеззараженного шлака, образование газовой фазы между жидким раствором шлака и стенкой ковша за счет отложения углеродсодержащего восстановителя на забое металлургического ковша, что предотвращает налипание шлака на стенку ковша, увеличение срока службы, то, что не требуется дополнительное оборудование для проведения исследований, не отстает от технологической схемы производства меди.

**Внедрение результатов исследования.** На основании полученных научных результатов по совершенствованию технологии переработки медных шлаков на основе использования местных вторичных техногенных отходов:

с целью уменьшения количества магнетитового материала, затрудняющего отделение меди от шлака при последующей обезмеживании, внедрена технология переработки жидкого шлака медеплавильного конвертера техногенными отходами, содержащими углерод (справка АО «АГМК № ХА-006062 от 15.07.2021). Это привело к уменьшению количества магнетита в растворе на 27%;

разработана технология обеззараживания жидкого конвертерного шлака в огнеупорной печи, прошедшего первичную регенеративную операцию с использованием углеродсодержащих техногенных отходов, позволяющая повысить эффективность производства медеплавильной печи (справка АО «АГМК» от 15.07.2021 г. № ХА-006062). В результате внедрения потери меди со шлаком уменьшились на 18,4 %;

с целью увеличения поверхности взаимодействия восстановителя с жидким конвертерным шлаком разработана технология восстановления магнетита путем предварительной обработки жидкого конвертерного шлака в металлургическом ковше с использованием углеродсодержащих техногенных отходов крупностью 10-15 мм (справка АО «АГМК» от 15.07.2021 г. № ХА-006062). В результате степень извлечения меди в штейн увеличился с 0,4-0,5% или 96,8%. Средства на внедрение составили 6 452 450 000 сумов.

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

**Публикация результатов исследования.** Всего по теме диссертации опубликовано 25 научных работ. Основные научные результаты опубликованы в 9 научных изданиях, в том числе 3 в республиканских и 6 в зарубежных журналах, рекомендованных к опубликованию основных научных результатов докторских диссертаций ВАК Республики Узбекистан.

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

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обосновывается актуальность и востребованность диссертационной работы, цель и задачи исследования, определены объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям науки и технологии Республики Узбекистан, раскрывается научная новизна и практическая значимость полученных результатов исследования, показана апробация работы, даются сведения о внедрении в практику результатов исследования по опубликованным работам и структуре диссертации.

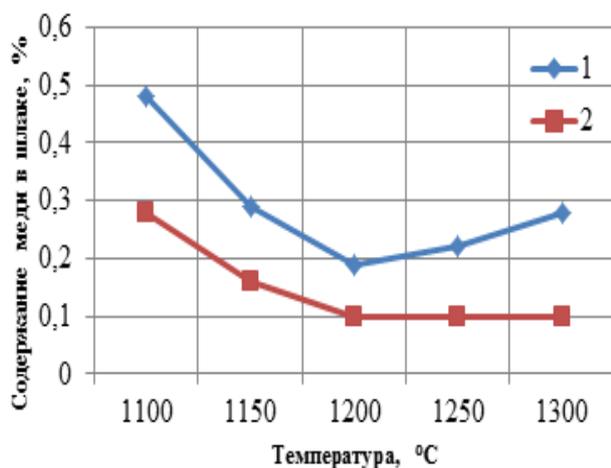
В первой главе диссертации «**Современное состояние и перспективы термической переработки медных шлаков**» проведен анализ основных причин потерь металлов со шлаками и их исследования, существующих

технологий переработки шлаков медного производства и их усовершенствование, современного состояния внедрения безотходных технологий обеднения шлаков. Пирометаллургический способ производства меди характеризуется выделением большего количества шлака, чем расплавленного металла. Иногда количество шлака при плавке в десятки раз превышает количество ценного промежуточного полупродукта, обогащенный металлом. Поэтому, хотя содержание меди в шлаке относительно невелико, общие потери в процессах значительны. Например, количество меди в шлаке плавильной отражательной печи находится в пределах 0,45-0,65%, в шлаке кислородно-факельной плавки - 0,6-0,9%, а в конвертерном шлаке среднее содержание меди составляет 3,5%. Все известные способы переработки шлаков, образующихся при производстве меди, можно разделить на следующие основные направления: гидрометаллургия; флотация; пирометаллургия; комбинированные. Каждое направление имеет свои преимущества и недостатки. Их применение определяется составом сырья, способом выплавки и конкретными условиями предприятия.

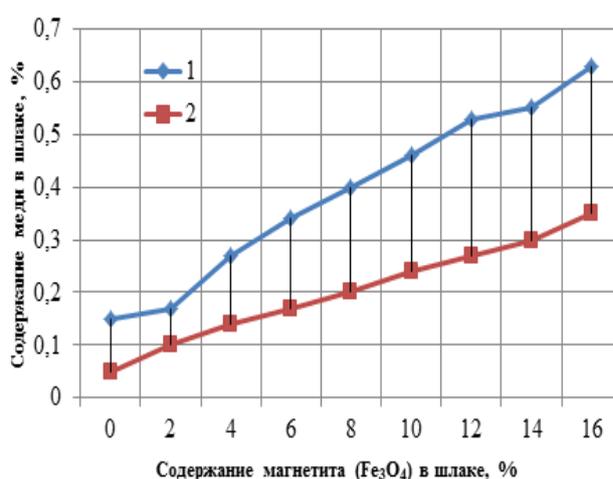
Во второй главе диссертации под названием **«Выбор объектов исследования и методов исследований по усовершенствованию технологии переработки медных шлаков»** описан выбор объектов исследования, проведен анализ химического состава используемого сырья, с использованием современных методов и оборудования для изучения их химического состава и физических свойств. Основными объектами исследования были выбраны конвертерные шлаки медеплавильного завода АО «Алмалыкский ГМК» и резиновая часть отходов автомобильных шин. Основными исследуемыми веществами были магнетит ( $Fe_3O_4$ ), железо, медь и сера.

В третьей главе диссертации под названием **«Мониторинг и определение основных технологических параметров снижения количества меди в отвальных шлаках»** приведены данные анализа по определению основных факторов, влияющих на количество меди в шлаках при термической обработке, данные при изучении восстановительных реакций в системе шлак и восстановитель при термической обработке шлаков, приведены данные исследования и изучения физико-химических изменений при термическом нагревании отходов автомобильных шин без доступа воздуха.

Повышение температуры приводит к уменьшению количества меди в шлаке, имеющем кислую среду. С повышением температуры количество меди в шлаке, имеющем щелочную среду, сначала уменьшается за счет уменьшения механических потерь, а затем увеличивается за счет увеличения растворимости меди. Влияние магнетита в шлаке на потери меди со шлаками показано на рис. 2.



**Рис.1. Влияние температуры на потери меди со шлаком**



**Рис.2. Влияние магнетита на потери меди в шлаке: 1 -общие потери; 2 -потери в расплавленном состоянии**

Влияние температуры на потери меди зависит от состава шлака, как показано на рис. 1.

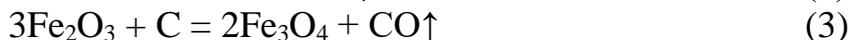
Увеличение количества магнетита приводит к увеличению механических и расплавленных потерь меди со шлаком. Увеличение механических потерь меди можно объяснить ухудшением условий для роста очень мелких капель штейна находящихся во взвешенном состоянии в шлаковой фазе, а увеличение потерь меди в расплавленном состоянии можно объяснить увеличением концентрации магнетита или увеличением потенциала окисления шлака.

Разработано несколько технических решений по снижению количества меди в шлаке:

- I. Свести к минимуму образование шлака.
- II. Минимизация концентрации меди в шлаке.
- III. Частое удаление пиromеталлургического шлака из печи.
- IV. Переработка шлаковых минералов.

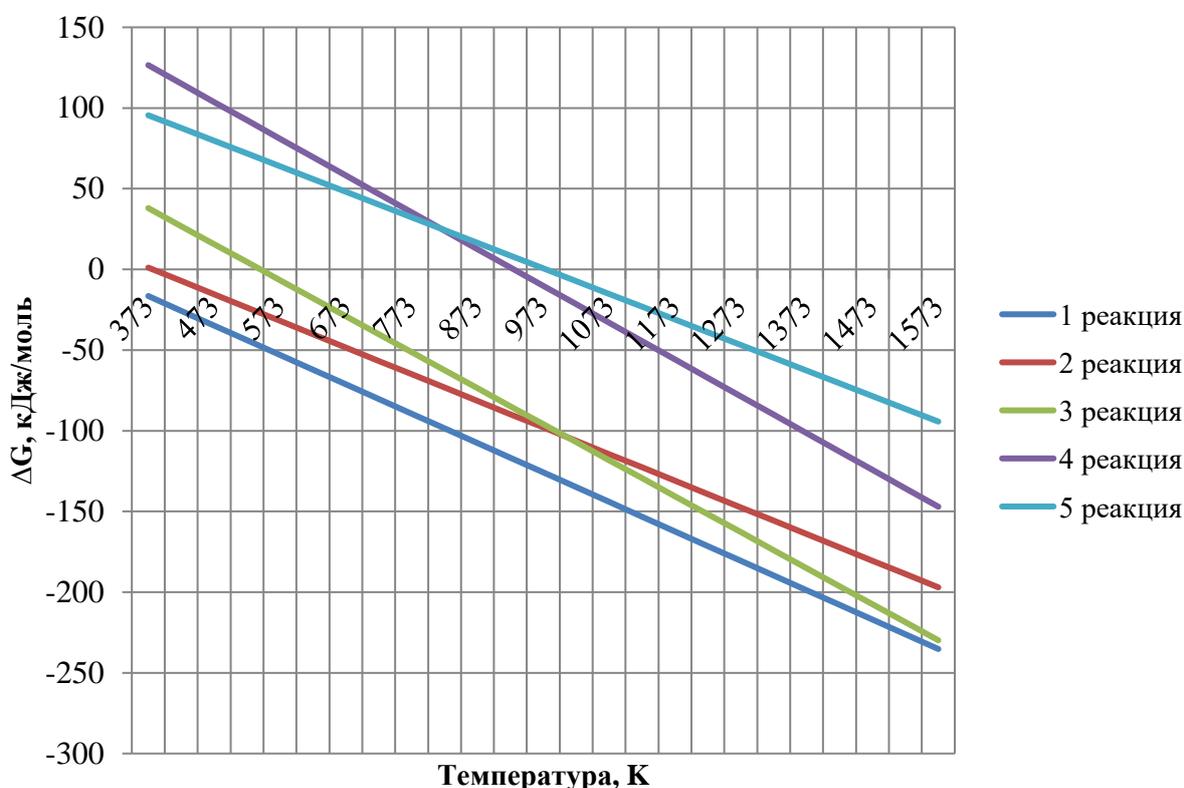
Изучение причин потери меди со шлаком имело особое значение при последующей переработке шлаков медного производства с повышением эффективности извлечения меди. С целью усовершенствования технологии переработки шлаков медного производства и достижения относительно большей экономической эффективности разработан способ использования отходов автомобильных шин в качестве местного восстановителя. При этом впервые были изучены теоретические основы процесса. При проведении исследований по переработке шлаков медного производства с использованием отходов автомобильных шин были исследованы физико-химические изменения, происходящие в системе шлак-восстановитель, и выявлены соответствующие химические реакции восстановления. Представлен термодинамический анализ каждой карботермической реакции, протекающей в процессе восстановления. Соответственно были построены

уравнения температурной зависимости соответствующих химических реакций, которые имеют следующий вид:



С помощью термодинамического анализа всех описанных выше восстановительных реакций была построена диаграмма Эллингема для всех химических реакций, протекающих при переработке шлака в присутствии углеродистых восстановителей, как показано на рис. 3.

Поскольку самой медленной (лимитирующей) реакцией из всех исследованных карботермических реакций в системе шлак-углерод является реакция восстановления вюстита, то оптимальная температура системы определяется температурой восстановления данного вюстита.



**Рис.3. Общая диаграмма Эллингема всех карботермических реакций, протекающих в системе шлак - углерод.**

Из графика, представленного на рис. 3, видно, что с учетом эндотермических реакций вероятность восстановления вюстита соответствует температуре 1150 °С (1423 К). При этой температуре очень высока вероятность протекания других химических реакций.

Поскольку в качестве восстановителя при переработке шлаков были использованы непригодные автомобильные шины, важным является изучение разложения резиновых материалов при высоких температурах. При заливке в тигель шлака, полученный в лабораторной печи, с температурой

1200-1240°C он сталкивается с частицами отходов автомобильных шин внутри тигля (заранее загружены) и в системе происходят окислительно-восстановительные химические реакции. В интервале температур 1000 - 1240°C углеводороды, находящиеся в резиновой части отходов автомобильных шин, разлагаются с образованием углерода, водорода и серы:



Особенно важно знать различные свойства процесса окисления этих веществ. При сгорании большинства полимеров температура пламени достигает 1500-1700°C. Это значительно выше, чем у соответствующих значений для обычных материалов, таких как древесина, бурый уголь. Когда пламя сжигает большинство синтетических полимеров, образуется яркий дым, имеющий сильное тепловое излучение. Еще одной особенностью горения синтетических полимерных материалов является образование большого количества токсичного и густого черного дыма.

Основной причиной образования черного дыма при горении резины является недостаток кислорода. В этом случае скорость образования веществ в результате термического разложения выше, чем диффузия кислорода в зону реакции.

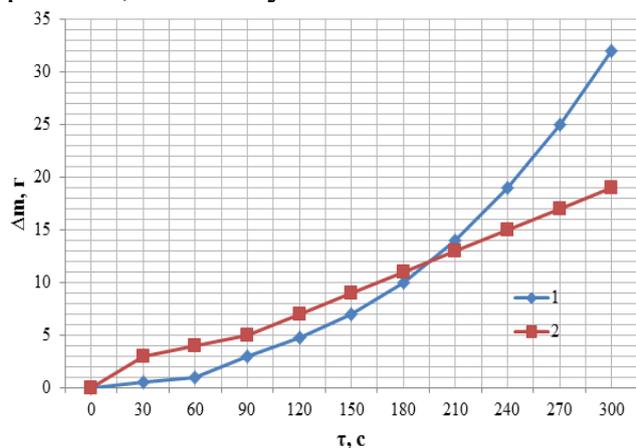
Скорость реакции окисления резиновой части отходов автомобильных шин обычно указывают в единицах площади фазового расслоения:

$$V_m = \frac{1}{S} \cdot \frac{dm}{dt} \quad (7)$$

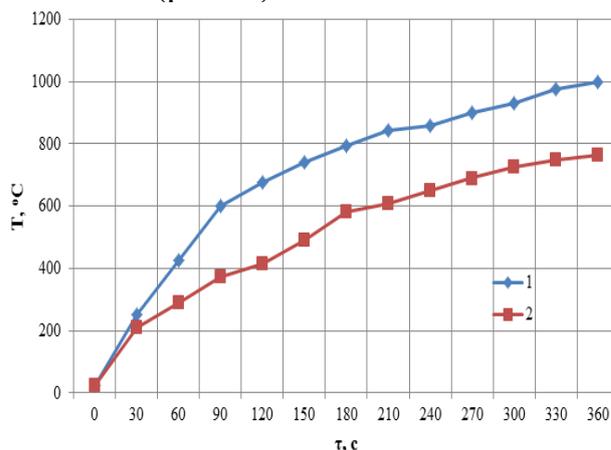
где: S – межфазная область, m – масса резины, τ – время.

Величина  $V_m$  называется массовой скоростью окисления. Для определения скорости окисления резиновой массы достаточно определить изменение массы горючего вещества во времени.

Взаимодействие резины с магнетитом и окисленными соединениями меди в нагретом жидком шлаке и связанное с этим изменение скорости реакции окисления в единицу времени определяется уменьшением массы резины, используемой в качестве восстановителя (рис. 4).



**Рис.4.** Зависимость массы ( $\Delta m$ ) образцов резины (1) и бурого угля (2) от времени взаимодействия ( $\tau$ ) с компонентами шлака



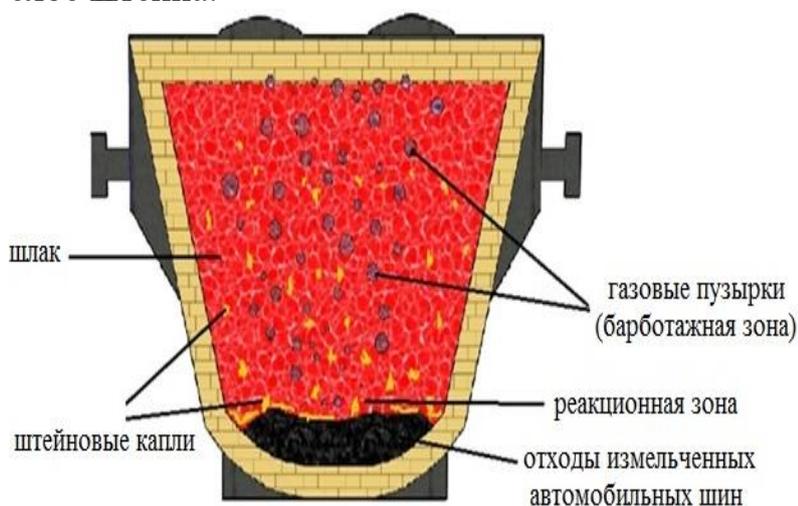
**Рис.5.** Зависимость температуры пламени резины (1) и древесины (2) от времени их выдержки в пламени ( $\tau$ )

На графике, представленном на рис. 4, при воздействии прямого окисления резины окисляется за  $\sim 1,5$  мин, а бурый уголь начинает окисляться через 0,5 мин. Через 2,5 минуты вся резиновая масса окислится. Весь бурый уголь окисляется менее чем за 1 минуту. Массовую скорость окисления рассматриваемых материалов рассчитывали по времени окисления всей массы. При этом было установлено, что потеря массы в эти промежутки времени зависит от времени. Масса окисления резиновых остатков составила  $0,97 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{мин}^{-1}$ , а бурого угля –  $0,48 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{мин}^{-1}$ .

При окислении резины температура пламени повышается на  $150\text{-}250 \text{ }^\circ\text{C}$  от температуры, подходящей для бурого угля (рис. 5). Масса окисления резины составляет  $0,97 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{мин}^{-1}$ , что означает повышение характеристики, подходящей для бурого угля в два раза.

После слива шлака из конвертера в металлургический ковш компоненты, входящие в состав резины, в зоне реакции разлагаются на углерод, водород и серу путем взаимодействия с измельченными отходами автомобильных шин, предварительно помещенными в ковш, в результате чего происходит дополнительное образование восстановительных веществ.

После восстановления магнетита в шлаке плотность и вязкость шлака уменьшаются, что позволяет образованию в системе шлаково-штейновой фазы. Образующиеся из-за высокой плотности сульфиды, металлические капли железа и меди оседают на дно ванны, образуя штейновую фазу. Газы, образующиеся во время процессов восстановления и сульфидирования, барботируют и смешивают расплавы, позволяя каплям жидкого сульфида малого радиуса, хорошо не смешивающихся, находящиеся во взвешенном состоянии в шлаке сливаться быстрее, чтобы усилить процесс осаждения в слое штейна.



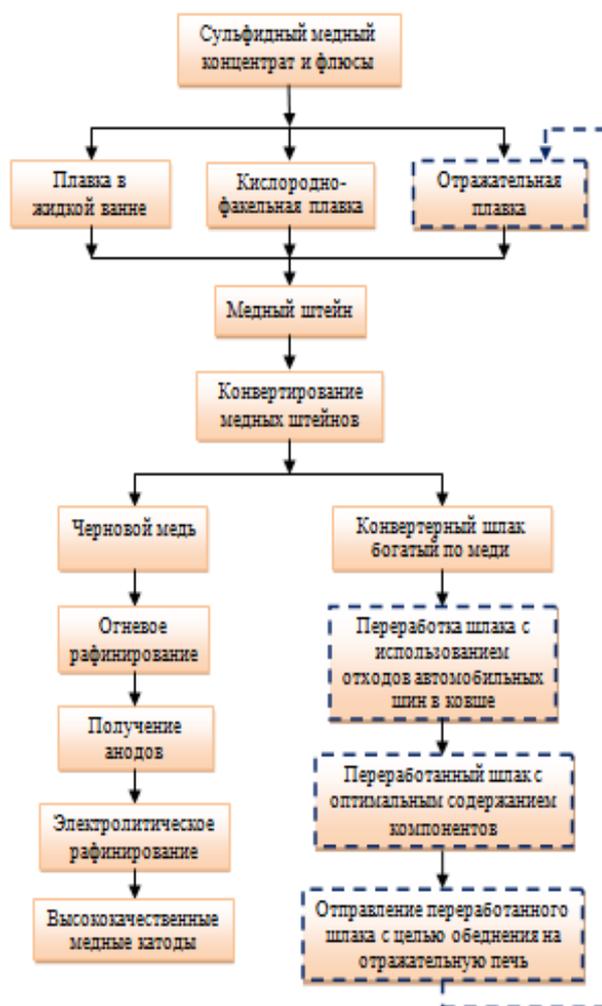
**Рис.6. Схема переработки медного шлака с использованием отходов автомобильных шин**

Разделение фаз схематически показано на рис. 6. В процессе коалесценции мелкие штейновые капли сливаются друг с другом, образуя крупную штейновую каплю большого радиуса. Увеличение радиуса капли штейна ускоряет их осаждение в донную фазу.

В четвертой главе диссертации под названием «Исследование определения основных технологических параметров извлечения меди из

**шлаков медного производства»** описаны результаты испытаний, внедрения в производство технологии переработки шлаков медного производства.

В результате научных исследований были внесены изменения в технологию переработки шлаков медного производства, т.е. в процессе предварительного восстановления конвертерных шлаков в качестве восстановителя использовались отработанные автомобильные шины. Остальные технологические процессы переработки оставшегося медного шлака остались без изменений. С целью проведения сравнительного анализа была разработана традиционная схема производства меди на АО «Алмалыкский ГМК» (рис. 7) и разработана технологическая схема усовершенствованного процесса (рис. 8).



**Рис.7. Традиционная технологическая схема производства меди по технологии АО «АГМК»**



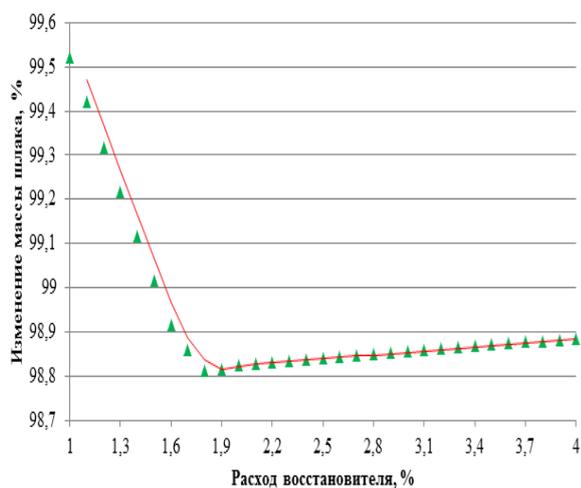
**Рис.8. Предлагаемая технологическая схема переработки жидкого конвертерного шлака с использованием непригодных автомобильных шин**

На рисунках 7 и 8 представлена предлагаемая технологическая схема переработки медных шлаков с использованием отходов автомобильных шин имеет линейный контур. Исследования позволили разработать, испытать и

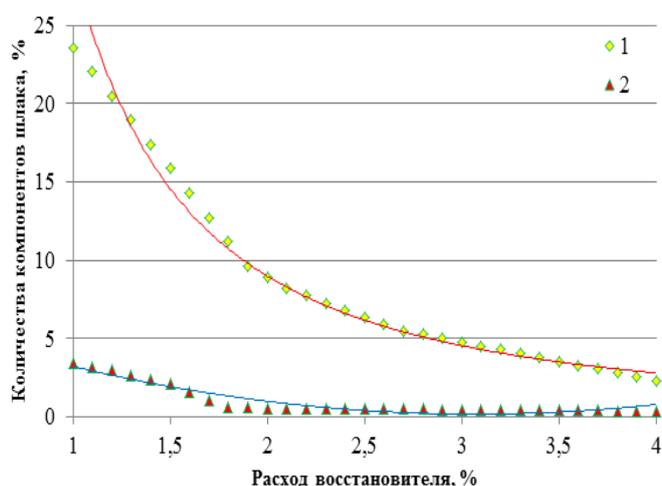
внедрить малоотходную технологию переработки медных шлаков на АО «Алмалыкский ГМК».

Преимуществом данной технологии является то, что предлагаемый процесс осуществляется в медеплавильном производстве без выхода из общего технологического цикла, и в то же время повышается степень извлечения меди из шлака меденного производства. Кроме того, эта технология не требует дополнительных технических устройств и оборудования.

Результаты промышленных испытаний по переработке конвертерных шлаков с использованием отходов автомобильных шин показали, что масса шлака соответственно уменьшается по мере увеличения расхода восстановителя в реакционной системе. На графике, представленном на рис. 9, видно, что масса конвертерного шлака уменьшилась до максимума, когда расход восстановителя составил 1,8 % от массы исходного шлака.



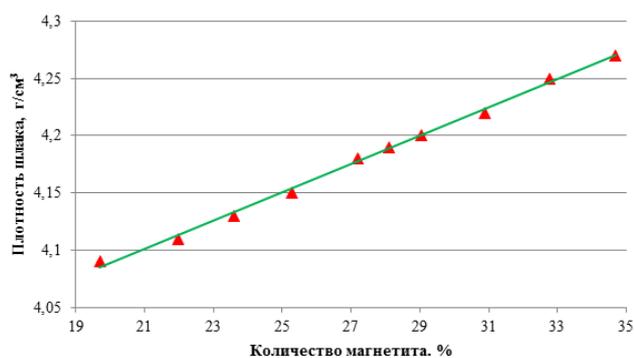
**Рис.9. Взаимосвязь между увеличением расхода восстановителя с уменьшением массы шлака**



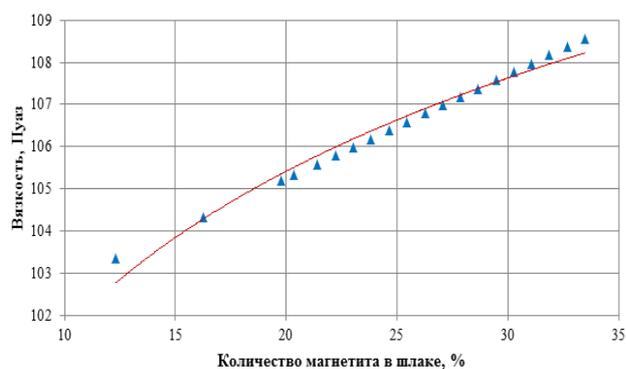
**Рис.10. Взаимосвязь расхода восстановителя с магнетитом (1) и окисленными соединениями меди в конвертерных шлаках (2)**

На основе переработки жидкого конвертерного шлака в металлургическом ковше с использованием непригодных автомобильных шин и применения технологии восстановления магнетита достигнуты следующие технологические показатели:

определено уменьшение количества окисленной меди в конвертерном шлаке по мере уменьшения количества магнетита (рис. 10). Определено, что при последующем обезмеживании в отражательной печи, количества меди теряемой со шлаком уменьшилось на 18,4 %;



**Рис.11. Зависимость плотности шлака от количества магнетита в конвертерном шлаке**



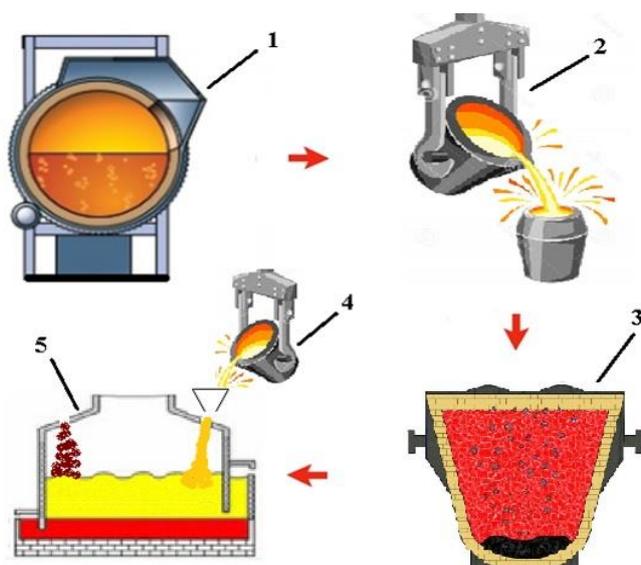
**Рис.12. Изменение вязкости шлака при увеличении содержания магнетита в конвертерном шлаке**

установлено, что в результате восстановления магнетита в шлаке с использованием отходов непригодных автомобильных шин общая плотность шлака уменьшилась с 4,27 до 3,95 г/см<sup>3</sup> (рис. 11) и вязкость уменьшилась с 108,56 до 103,35 Пуаз (рис. 12);

найден оптимальное количество расхода отходов автомобильных шин, расходуемых в процессе переработки. При этом расход непригодных автомобильных шин, использованных в качестве восстановительного вещества, составил 1,8 % от массы шлака;

при расходе восстановителя в количестве 1,8 % количество магнетита в шлаке уменьшилось до 11,202 %, общее количество меди в шлаке уменьшилось до 0,59 %, а масса конвертерного шлака в зависимости от исходной массы уменьшилась до 1,3 %.

На основании исследований разработана технологическая и схема цепи аппаратов (рис. 13) переработки конвертерных шлаков на основе местных вторичных техногенных отходов, содержащих углерод и определены основные технико-экономические показатели процесса.



**Рис.13. Схема цепи аппаратов по переработке жидкого конвертерного шлака с использованием отходов непригодных автомобильных шин: 1-горизонтальный конвертор; 2-заливка жидкого конвертерного шлака в ковш с восстановителем; 3-процесс взаимодействия резиновых компонентов со шлаком; 4-переработанный шлак; 5-отражательная печь для обезмеживания шлака**

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных исследований диссертации на тему «Усовершенствование технологии переработки шлаков медного производства с использованием местных вторичных техногенных образований» сделаны следующие выводы:

1. С целью снижения потерь меди со шлаком определено оптимальное количество расхода непригодных автомобильных шин, добавляемых в качестве восстановительных веществ, в процесс переработки жидкого конвертерного шлака. Эти данные имеют важное значение для снижения потерь меди со шлаком;

2. Разработан оптимальный способ заливки жидкого конвертерного шлака на поверхность измельченных кусков отхода автомобильных шин, предварительно загруженных в металлургический ковш. Этот метод может служить для разработки эффективной технологии переработки шлаков медного производства с использованием тепла высокотемпературного конвертерного шлака;

3. Разработана технология переработки жидкого конвертерного шлака со средней температурой 1200°C в ковше в присутствии углеродсодержащего местного восстановителя, с последующим его обезмеживанием в отражательной печи. Это позволит использовать непригодных автомобильных шин в качестве восстановительных элементов для снижения количества магнетита в конвертерных шлаках;

4. Определена скорость коалесценции мелких частиц штейна в жидкой шлаковой системе барботируемого перемешивания газами, которые образовались в результате восстановительных реакций. Ускорение коалесценции может служить для обеспечения быстрого срастания близких по составу и свойствам частиц вещества в отдельные фазы (шлак, металл, штейн);

5. Установлено, что переработка жидкого конвертерного шлака с отходами непригодных автомобильных шин не влияет на технологические режимы переработки медного шлака традиционным способом. Эта информация служит для того, чтобы существующие технологические регламенты не изменялись при использовании предлагаемого метода;

6. Установлено, что количество отходов автомобильных шин, использованных при восстановлении магнетита конвертерных шлаков, составило 1,8 % от массы шлака. Полученные результаты позволяют снизить количество магнетита в конвертерных шлаках на 27 %;

7. С целью увеличения поверхности взаимодействия восстановителя с жидким конвертерным шлаком разработан технология восстановления магнетита в шлаке путем предварительной обработки жидкого конвертерного шлака восстановительными элементами в металлургическом ковше с помощью техногенных углеродсодержащих отходов крупностью 10-15 мм и внедрена технология обезмеживания медных шлаков в отражательной печи. Результаты внедрения данной технологии позволяют повысить степень

извлечения меди из концентрата в состав медного штейна на 0,4-0,5% или 96,8%;

8. Разработана принципиальная технологическая схема предварительной обработки конвертерного шлака в металлургическом ковше, с последующим обезмеживанием в отражательной печи. Приведенные результаты может служить для усовершенствования технологии переработки шлаков медного производства, основанной на использовании местных вторичных техногенных отходов;

9. По предлагаемой технологии обеднения жидкого конвертерного шлака в печи предварительным восстановлением с использованием углеродсодержащих техногенных отходов содержание меди в шлаке печи удалось снизить с 0,71 % до 0,58 %. В результате был достигнут экономический эффект, который составит 6 452 450 000 (шесть миллиардов четыреста пятьдесят два миллиона четыреста пятьдесят тысяч) сумов в год, за счет снижения расхода других традиционных восстановительных элементов, а также повышения уровня извлечения меди.

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

---

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

**KHOJIEV SHOKHRUKH TOSHPO’LATOVICH**

**IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY FOR PROCESSING SLAGS  
OF COPPER PRODUCTION USING LOCAL SECONDARY  
TECHNOGENIC FORMATIONS**

**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 – 2022**

**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 B2021.3.PhD/T2385**

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](http://www.tdtu.uz)) and on the website of «Ziyonet» Information and educational portal ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Scientific supervisor:** **Berdiyarov Bakhriddin Tilovqabulovich**  
doctor of philosophy (PhD) technical science, associated professor

**Official opponents:** **Dunyashin Nikolay Sergeevich**  
doctor of technical sciences, professor

**Tolibov Behzod Ibrohimovich**  
doctor of technical sciences, acting professor

**Leading organization:** **Tashkent Chemical-Technological Institute**

The defense of the dissertation will be held at 14<sup>00</sup> on «09» April in 2022 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](mailto:tadqiqotchi@tdtu.uz)).

The dissertation has been registered at the Information Resource Center (IRC) of the Tashkent State Technical University under № 250 (Address: 100095, Tashkent, University street, 2, tel/fax.: (99871) 227-10-32, E-mail: [tadqiqotchi@tdtu.uz](mailto:tadqiqotchi@tdtu.uz)).

The abstract of the dissertation is distributed on «26» March in 2022  
Protocol at the register № 139 dated on «26» March in 2022.

**K.A.Karimov**  
Chairman of the scientific council  
awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor

**Sh.B.Tashbulatov**  
Scientific 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 improve the technology of processing converter's slag of copper production based on the use of local secondary man-made and carbon-containing technogenic wastes as a reducing agent.

**The object of the research** is the slag formed during the converting process in copper production and carbon-containing local secondary technogenic wastes.

**The scientific novelty of a research** consists in the following:

a decrease in the amount of magnetite in the slag was determined as a result of the interaction of liquid converter slag of copper production with local secondary carbon-containing technogenic waste;

it was determined that when unsuitable automobile tires are added to the composition of liquid converter slag, as a local carbon-containing reducing agent, in which rubber and other hydrocarbons decompose under the influence of high temperatures, such reducing elements as carbon, hydrogen and sulfur are formed;

it was determined that the reduction of copper content with slag during decalcification in a reverberatory melting furnace of pre-reduced liquid converter slag using local carbon-containing man-made waste;

it was determined that an increase in the surface of interaction of the reducing agent with liquid converter slag when using carbon-containing industrial waste with a particle size of 10-15 mm as a reducing agent, better assimilation of the reducing agent by liquid slag and an increase in the transition of copper from the processed converter slag to the composition of copper matte during the subsequent process of decalcification.

**Implementation of the research results.** Based on the scientific results obtained on improving the technology of processing copper slag on the basis of the use of local secondary technogenic wastes:

in order to reduce the amount of magnetite material, which makes it difficult to separate copper from slag during subsequent de-escalation, the technology of processing liquid slag from copper smelter converter with carbon-containing technogenic waste was introduced (reference of JSC "AMMC" dated July 15, 2021 № XA-006062). This resulted in a 27% reduction in the amount of magnetite in the solution;

the technology of decontamination of liquid converter slag in the reverberatory furnace, which underwent the initial recovery operation using carbon-containing technogenic wastes, which allows to increase the production efficiency of copper furnace (reference of JSC "AMMC" dated July 15, 2021 № XA-006062). As a result of the introduction, the loss of copper with slag was decreased by 18.4%;

in order to increase the interaction surface of the reducing agent with the liquid converter slag, the technology of reducing the magnetite by first processing the liquid converter slag in a metallurgical ladle using carbon-containing technogenic wastes with a size of 10-15 mm was introduced (reference of JSC "AMMC" dated July 15, 2021 № XA-006062). As a result, the rate of conversion

of copper content from charge to matte increased by 0.4-0.5% or 96.8%. The funds for the implementation amounted to 6,452,450,000 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.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; part I)**

1. Khojiev Sh.T. Pyrometallurgical Processing of Copper Slags into the Metallurgical Ladle // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – India, February 2019. – Vol.6, Issue 2. – P. 8094 – 8099. (05.00.00; № 8)
2. Khojiev Sh.T., Yusupkhodjaev A.A., Rakhmonaliev M., Imomnazarov O.O'. Research for Reduction of Magnetite after Converting // Kompozitsion materiallar. – Toshkent, 2019. – № 4. – С. 54 – 55. (05.00.00; № 13)
3. Matkarimov S.T., Yusupkhodjaev A.A., Khojiev Sh.T., Berdiyarov B.T., Matkarimov Z.T. Technology for the Complex Recycling Slags of Copper Production // Journal of Critical Reviews. – Malaysia, April 2020. – Vol.7, Issue 5. – P. 214 – 220. (Scopus; № 3)
4. Khojiev Sh., Berdiyarov B., Mirsaotov S. Reduction of Copper and Iron Oxide Mixture with Local Reducing Gases // Acta of Turin Polytechnic University in Tashkent. – Tashkent, 2020. – Vol.10, Issue 4. – P. 7–17. (05.00.00; № 25)
5. Khojiev Sh.T., Nuraliev O.U., Berdiyarov B.T., Matkarimov S.T., Akramov O'.A. Some thermodynamic aspects of the reduction of magnetite in the presence of carbon // Universum: технические науки. – Москва, 2021. – № 3. – С. 60-64. (02.00.00; № 1)
6. Юсупходжаев А.А., Хожиев Ш.Т., Акрамов У.А. Использование нетрадиционных восстановителей для расширения ресурсной базы ОАО «Узметкомбинат» // Черные металлы. – Москва, 2021. – № 4. – С. 4 – 8. (04.00.00; №31)
7. Berdiyarov B.T., Khojiev Sh.T. Thermodynamic analysis of reduction of oxidized copper compounds in a slag phase // Kompozitsion materiallar. – Toshkent, 2021. – № 4. – С. 39 – 43. (05.00.00; № 13)
8. Хожиев Ш.Т., Бердияров Б.Т., Мухаметджанова Ш.А., Нематиллаев А.И. Некоторые термодинамические аспекты карботермических реакций в системе Fe-Cu-O-C // O'zbekiston kimyo jurnali. – Toshkent, 2021, – №6. – С. 3 – 13. (02.00.00; № 6)
9. Khojiev Sh.T., Matkarimov S.T., Narkulova E.T., Matkarimov Z.T., Yuldasheva N.S. The Technology for the Reduction of Metal Oxides Using Waste Polyethylene Materials // Conference proceedings of “Metal 2020 29<sup>th</sup> International Conference on Metallurgy and Materials”, Czech, May 20 – 22, 2020. P. 971-978. (Scopus; № 3)

## II бўлим (II часть; part II)

10. Yusupkhodjaev A.A., Khojiev Sh.T., Berdiyarov B.T., Yavkochiva D.O., Ismailov J.B. Technology of Processing Slags of Copper Production using Local Secondary Technogenic Formations // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. – India, November 2019. – Vol.9, Issue 1. – P. 5461 – 5472.
11. Khojiev Sh.T., Berdiyarov B.T., Kadirov N.A., Obidov B.M., Turan M.D. Utilization of household waste-based solid fuel // Technical science and innovation. – Tashkent, 2021. – № 1. – P. 168-176.
12. Alamova G.K., Khojiev Sh.T., Okhunova R.K. Current State Of Copper Smelting Slags And Their Processing: A Review // Central Asian Journal of Literature, Philosophy and Culture. – Spain, 2021. – Vol.2, Issue 2. – P. 49-55.
13. Alamova G.Kh., Khojiev Sh.T., Okhunova R.Kh. Comparative Estimation of the Efficiency of Various Materials in the Reduction of Magnetite in Slag Melt // International Journal for Innovative Engineering and Management Research. – India, 2021. – Vol.10, Issue 3. – P. 191-196.
14. Yusupkhodjayev A.A., Khojiyev Sh.T. Methods of decreasing of Copper loss with Slag in Smelting Processes // International Academy Journal Web of Scholar. – Ukraine, 2017. – Vol.1, Issue 2. – P. 5 – 8.
15. Abjalova H.T., Hojiyev Sh.T. Metallning shlak bilan isrofi va uni kamaytirish yo'llari // akademik T.M. Mirkomilovning 80 yilligiga bag'ishlangan universitet miqyosidagi talaba va yosh olimlarning ilmiy tadqiqot ishlarida "Innovatsion g'oyalar va texnologiyalar" mavzusidagi ilmiy-amaliy anjumanining ma'ruzalar to'plami, Toshkent, 17-18 may, 2019. C. 95 – 97.
16. Abjalova Kh.T., Khojiev Sh.T. Intensification of the process of depletion the converter slag // Texnika yulduzlari. – Toshkent, 2019. – № 4. – P. 59 – 63.
17. Khojiev Sh.T., Yusupkhodjaev A.A., Aribjonova D.Y., Beknazarova G.B., Abdullaev D.N. Depletion of Slag from Almalyk Copper Plant with Aluminum Containing Waste // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. – India, 2019. – Vol.9, Issue 2. – P. 2831 – 2837.
18. Khojiev Sh.T. Improving Environmental Protection as a Result of Non-ferrous Metallurgy Industry Waste Recycling // Conference proceedings of "Challenges and Prospects Innovative Technics and Technologies in the Security Sphere Environment", Tashkent, September 17-19, 2020. P. 278 – 280.
19. Хожиев Ш.Т. Разработка эффективной технологии извлечения меди из конверторных шлаков // Journal of Advances in Engineering Technology. – Navoi, 2020. – Vol.1, Issue 1. – P. 50 – 56.
20. Hojiyev Sh.T., Mirsaotov S.U. Innovatsion texnologiya orqali metallurgiya sanoati chiqindisini qayta ishlash // "Ishlab chiqarishga innovatsion texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanadigan energiya manbalaridan

- foydalanish muammolari” mavzusidagi Respublika miqyosidagi ilmiy-texnik anjumanining materiallari to‘plami, Jizzax, 18-oktabr, 2020. C. 329 – 336.
21. Hojiyev Sh.T., Berdiyarov B.T., Mirsaotov S.U. Mis ishlab chiqarishning chiqindisiz texnologiyasini ishlab chiqish muammolari // “Zamonaviy kimyoning dolzarb muammolari” mavzusidagi Respublika miqyosidagi onlayn ilmiy-amaliy anjumani to‘plami, Buxoro, 4-5 dekabr, 2020. C. 26 – 28.
  22. Berdiyarov B.T., Hojiyev Sh.T., Mirsaotov S.U. Rangli metallurgiya chiqindilarini qayta ishlashning dolzarbligi // “Zamonaviy kimyoning dolzarb muammolari” mavzusidagi Respublika miqyosidagi onlayn ilmiy-amaliy anjumani to‘plami, Buxoro, 4-5 dekabr, 2020. C. 61 – 62.
  23. Alamova G.Kh., Khojiev Sh.T. Improving properties of molten copper slags // *Texnika yulduzlari*. – Tashkent, 2021. – №1-2. – P. 301 – 305.
  24. Khojiev Sh.T., Berdiyarov B.T., Mirsaotov S.U. Development of low waste technology of copper production // *Материалы международной научно-практической онлайн конференции «Проблемы, перспективы и инновационный подход эффективной переработки минерального сырья и техногенных отходов»*, Алмалык, 27 мая 2021. С. 126 – 127.
  25. Hojiyev Sh.T., Berdiyarov B.T., Abjalova H.T. Shlaklar bilan misning isrofini kamaytirish texnologiyasini tadqiq etish // *Proceedings of international scientific and scientific-technical conference on “Practical and Innovative Scientific Research: Current Problems, Achievements and Innovations (Dedicated to the memory of professor A.A. Yusupkhodjaev)”*, Tashkent, December 6, 2021. P. 420 – 422.

Автореферат “ТошДТУ хабарлари” илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз (резюме) тилларидаги матнлар мослиги текширилди (\_\_\_\_\_ 2022 йил.)

Босмахона лицензияси:



**9338**

Бичими: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» гарнитураси.  
Рақамли босма усулда босилди.  
Шартли босма табағи: 3,5. Адади 100 дона. Буюртма № 35/22.

Гувоҳнома № 851684.  
«Тірографф» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.  
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.