

**ИСЛОМ КАРИМОВ** номидаги **ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА**  
**УНИВЕРСИТЕТИ ХУЗУРИДАГИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ**  
**УНИТАР КОРХОНАСИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**  
**DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ИСЛОМ КАРИМОВ** номидаги **ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА**  
**УНИВЕРСИТЕТИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ УНИТАР**  
**КОРХОНАСИ**

**ХАСАНОВ УЛУҒБЕК АБДУРАШИДОВИЧ**

**МИС ЭРИТИШ ПЕЧЛАРИДА ТОШҚОЛ ТАРҚИБИДАГИ МИС**  
**МИҚДОРНИ КАМАЙТИРИШНИНГ АСОСИЙ ОМИЛЛАРИНИ**  
**ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**05.02.01. - Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси. Радиоактив, камёб ва нодир элементлар технологияси (техника фанлари)**

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

**Тошкент – 2021**

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

**Хасанов Улугбек Абдурашидович**

Мис эритиш печларида тошқол таркибидаги мис микдорини  
камайтиришнинг асосий омилларини ишлаб чиқиш.....3

**Хасанов Улугбек Абдурашидович**

Разработка основных параметров снижения потери меди со шлаками в  
медеплавильных печах.....19

**Khasanov Ulugbek Abdurashidovich**

Development of basic parameters for reducing the content of copper with  
slags in copper furnaces.....35

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works.....38

**ИСЛОМ КАРИМОВ** номидаги **ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА**  
**УНИВЕРСИТЕТИ ХУЗУРИДАГИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ**  
**УНИТАР КОРХОНАСИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**  
**DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ИСЛОМ КАРИМОВ** номидаги **ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА**  
**УНИВЕРСИТЕТИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ УНИТАР**  
**КОРХОНАСИ**

**ХАСАНОВ УЛУҒБЕК АБДУРАШИДОВИЧ**

**МИС ЭРИТИШ ПЕЧЛАРИДА ТОШҚОЛ ТАРҚИБИДАГИ МИС**  
**МИҚДОРНИ КАМАЙТИРИШНИНГ АСОСИЙ ОМИЛЛАРИНИ**  
**ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**05.02.01. - Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси. Радиоактив, камёб ва нодир элементлар технологияси (техника фанлари)**

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

**Тошкент – 2021**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.1.PhD/T1775 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» Давлат унитар конхонасида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида ([www.gupft.uz](http://www.gupft.uz)) ва «Ziyonet» Ахборот таълим порталида ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) жойлаштирилган.

<b>Илмий раҳбар:</b>	<b>Шарипов Хасан Турабович</b> кимё фанлари доктори, профессор
<b>Расмий оппонентлар:</b>	<b>Якубов Махмуджон Махамаджонович</b> техника фанлари доктори, профессор <b>Камолов Турсунбой Очилович</b> техника фанлари доктори, доцент
<b>Етакчи ташкилот:</b>	<b>Тошкент кимё технология институти</b>

Диссертация ҳимояси Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» ДУК ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «17» август соат 11<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100174, Тошкент шаҳри, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а-уй. Тел.: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73; e-mail: ,[www.gupft.uz](http://www.gupft.uz) «Фан ва тараққиёт» ДУК биноси, 2-қават, анжуманлар зали).

Диссертация билан «Фан ва тараққиёт»ДУКнинг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин. (9-рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100174, Тошкент шаҳри, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а-уй. Тел.: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73).

Диссертация автореферати 2021 йил « 5 » август куни тарқатилди.

(2021 йил «   » \_\_\_\_\_даги №\_\_ - 2021 -рақамли реестр баённомаси).

**С.С. Негматов**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, ЎзРФАакадемиги, т.ф.д., профессор

**М.Э. Икратова**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, к.ф.н., к.и.х.

**А.М. Эминов**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси манзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.1.PhD/T1775 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Ислоҳ Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» Давлат унитар қонхонасида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида ([www.gurft.uz](http://www.gurft.uz)) ва «Ziyouet» Ахборот таълим порталида ([www.ziyouet.uz](http://www.ziyouet.uz)) жойлаштирилган.

<b>Илмий раҳбар:</b>	<b>Шарипов Хасан Турабович</b> кимё фанлари доктори, профессор
<b>Расмий оponentлар:</b>	<b>Якубов Махмуджон Махамаджонович</b> техника фанлари доктори, профессор <b>Камалов Турсунбой Очқлович</b> техника фанлари доктори, доцент
<b>Етакчи ташкилот:</b>	<b>Тошкент кимё технология институти</b>

Диссертация ҳимояси Ислоҳ Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» ДУК ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «17» август соат 11<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100174, Тошкент шаҳри, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а-уй. Тел.: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73; e-mail: [www.gurft.uz](mailto:www.gurft.uz) «Фан ва тараққиёт» ДУК биноси, 2-қават, анжуманлар зали).

Диссертация билан «Фан ва тараққиёт» ДУКнинг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин. (9-рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100174, Тошкент шаҳри, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а-уй. Тел.: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73).

Диссертация автореферати 2021 йил « 5 » август кунин тарқатилди.

(2021 йил «    » \_\_\_\_\_ даги № \_\_\_\_\_ - 2021 -рақамли реестр баённомаси).



*Shirvan*  
**С.С. Негматов**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, ЎзРФАкадемиги, т.ф.д., профессор

*Mir*  
**М.Э. Икромов**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, к.ф.н., к.и.х.

*A.M. Eminov*  
**А.М. Эминов**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошдаги илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

## **КИРИШ (фалсафа доктори (PhD)диссертацияси аннотацияси)**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Бугунги кунда дунё миқёсида XXI аснинг ривожланиш стратегияси «Барқарор ривожланиш моҳияти» деб ном олган бўлиб, иқтисодиётнинг ривожланиши - биосфера барқарор мувозанатини бузмаган ҳолатда, табиий иқлимни ва ривожланиб бораётган муҳитни бузмаган ҳолатда олиб борилишини назарда тутди. Бу ўринда, техноген чиқиндилар жаҳон иқтисодиёти барқарор ривожланишига тўсқинлик қилувчи муаммо сифатида қаралади. Шу нуқтаи назардан, техноген чиқиндиларни ҳосил қилувчи етакчи корхоналар сифатида рангли металлургиянинг энг жадал ривожланувчи соҳаси мис ишлаб чиқариш саноати пешқадамлик қилади. Бу ўринда техноген чиқиндиларни қайта ишлаб рангли ва нодир металлларни ажратиб олиш технологияларини яратиш ҳамда амалиётга қўллаш муҳим аҳамиятга эга хисобланади.

Жаҳонда мис ишлаб чиқарувчи етакчи давлатлар мис саноати тошқоллари ва техноген чиқиндиларни қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича кенг миқёсдаги тадқиқотларни олиб бормоқда. Мис тошқолларини қайта ишлаш технологияси Карлин Майнз корхонасида амалга оширилган, шунингдек, Россиянинг Миллий тадқиқотлар технология университети «МПВҚИ» да мис тошқолларидан мис қотишмаларини ишлаб чиқиш йўлга қўйилган. Бу борада мис ишлаб чиқаришнинг ёпиқ тизимини яратиш, мис эритиш корхоналарининг техноген чиқиндиларини қайта ишлашнинг экологик услубларини ишлаб чиқиш, эритиш саноати тошқолларини қайта ишлашнинг янги комплекс технологиясини яратиш мақсадида тошқолдаги қимматбаҳо компонентларни қаттиқ ҳолда углерод билан тиклашнинг назарий асослаш, техноген чиқиндилардан мис ва нодир металлларни аж олиратибш технологиясини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамызда тоғ-кон металлургия саноатининг барча қимматли компонентларини комплекс ажратиб олиш мақсадида минерал хомашёни, хусусан, полиметали рудаларни қайта ишлашнинг такомиллашган ва янги технологияларини ишлаб чиқиш бўйича қатор чора тадбирлар ўтказилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегиясида «саноатни сифат жиҳатдан янги босқичга кўтариш, маҳаллий хомашё манбаларини чуқур қайта ишлаш, тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқаришни жадаллаштириш, янги турдаги маҳсулотлар ва технологияларни ўзлаштириш»<sup>1</sup> бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада Олмалиқ кон металлургия комбинати АЖ мис ишлаб чиқариш заводи техноген чиқиндиларидан қимматбаҳо металлларни ажратиб олишнинг янги технологияларини яратиш ва такомиллаштиришга йўналтирилган илмий-тадқиқотлар муҳим аҳамият касб этади.

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг ПФ-4947-сон «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналишлари бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги Фармони

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 24 июлдаги ПФ-3145-сон «Фойдали қазилмалар конларини саноат йўли билан ўзлаштириш соҳасидаги лойиҳа-қидирув ва илмий-тадқиқот ишлари бошқарувини такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисидаги» Фармони, 2019 йил 23 июлдаги ПҚ 4401-сон «Ер қаърини геологик жихатдан ўрганишни янада такомиллаштириш ва хомашё базасини ривожлантириш ва қайта тиклаш давлат дастурини амалга ошириш чора – тадбирлари тўғрисидаги», 2019 йил 4 октябрдаги ПҚ 4477 – сон «2019 - 2030 йиллар даврида Ўзбекистон Республикаси «яшил» иқтисодиётига ўтиш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида»ги қарорлари ва мазкур соҳа фаолиятига тегишли бошқа меъёрий – ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти ва яратилган назариялар муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг VII. «Ер тўғрисидаги фанлар (геология, геофизика, сейсмология ва минерал хом ашёларни қайта ишлаш)» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Мис пирометаллургияси соҳасида илмий тадқиқотлар, жумладан,  $Cu - Fe - S - O - SiO_2 - CaO$  тизими ҳолатини аниқлайдиган мис саноати металлари физик-кимёвий хусусиятлари бўйича қуйидаги олимлар: В.А. Ванюков, В.Я. Зайцев, А.Н. Вольский, В.П. Быстров, В.А. Смирнов, А.В. Тарасов, Ю.П. Купряков, В.В. Мечев, М.М. Лакерник, С.С. Набойченко, С.И. Митрофанов, С.М. Кожаметов, И.А. Онаев, А.А. Юсупходжаев, К.С. Санакулов, Х.Т. Шарипов, М.М. Якубов, А.С. Хасанов, С.А. Абдурахманов, С.Б. Садыков, С.А. Квятковский, Ф.Н. Фёдоров ва бошқалар тадқиқот ишлари олиб борганлар.

Мавжуд ишларни таҳлил қилиш асосида шуни таъкидлаш керакки, тошқолдаги мис, печь ичи ва печдан ташқарида қайта ишлаш бўйича барча таклиф қилинган тадқиқот ишлари, тошқол таркибидаги мис ва қимматбаҳо металлларнинг миқдорини камайтириши мумкин, аммо улар етарлича камбағаллашишни таъминлай олмайди, чунки миснинг тошқолда эрувчанлиги, мис ва штейн фаза таркиби деярли ўзгармайди. Бундан ташқари, ҳосил бўлган тошқолни қайта ишлаш технологиялари таркибий хом ашёлардан комплекс фойдаланишни таъминламайди. Ушбу диссертация тошқол таркибидан мис ва қимматбаҳо металлларда камбағаллаштириш, тошқол-штейн тизимларининг шаклланиши учун қулай шароитлар яратиш каби муаммоларни ҳал қилишга бағишланган.

**Тадқиқотнинг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги «Фан ва тараққиёт» Давлат унитар корхонасининг илмий тадқиқот режасига мувофиқ №02 – 2088 от 06.06.2012 г. Олмалик кон-металлургия комбинати АЖ ва «Фан ва тараққиёт» Давлат унитар корхонаси ўртасидаги «Мис ишлаб чиқаришнинг чиқиндисиз, энергия - ва ресурс

тежамкор экологик тоза технолгиясини қўллаш» мавзусидаги хўжалик шартномаси доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** мис эритиш печларида тошқол таркибидаги мис миқдорини камайтиришнинг асосий омилларини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

мис саноати қаттиқ тошқолининг петрографик ва минералогик хусусиятларини ўрганиш;

тошқолнинг суюқланган ҳолатидаги кўрсаткичларига таъсир қилувчи фазалар мувозанати тизимини тадқиқ қилиш;

мис эритиш печи тошқолининг тузилиши ва ҳосил бўлиш термодинамикасини тошқол-штейн-газ фаза тизимининг мувозанатини ўрганиш усулини ишлаб чиқиш асосида мақбул омилларини яратиш;

тошқол-штейн тизимида фазалар ҳосил бўлиш жараёнида печ ичи тошқолини камбағаллаштириш имкониятларини ўрганиш ва тадқиқ қилиш;

печ ташқарисида суюқ тошқолни муаллақ ҳолатда камбағаллаштириш орқали рангли ва нодир металллар таркибли яриммахсулот олиш тажриба-саноат синовларини ўтказишга асосланган технологияни ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида Олмалик кон-металлургия комбинати акциядорлик жамияти мис саноатининг қаттиқ ва суюқ тошқоллари олинган.

**Тадқиқотнинг предмети**ни суюқланмада тошқол-штейн фазалари ҳосил бўлишини ва печ ичи ҳамда ташқарисида тошқолни мис ва нодир металллардан камбағаллаштириш жараёнларини тадқиқ қилиш ташкил этган.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертация ишини бажаришда замонавий комплекс тадқиқот усуллари, электрон микроскопия, рентген структурали таҳлил, кимёвий ва фазали таҳлил усуллари, лаборатория синовлари натижаларини қайта ишлашнинг математик усулларидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

мис саноати қаттиқ тошқолининг петрографик ва минералогик хусусиятлари асосида миснинг тошқолда қолиб кетишининг олдини олиш чоралари ишлаб чиқилган;

штейн таркибига ўтувчи мис миқдорини ошириш учун суюқланма ҳолатининг кўрсаткичларига таъсир қилувчи фазалар мувозанати тизимида ҳарорат таъсири аниқланган;

мис эритиш печи тошқолининг фазалар ҳосил бўлиш жараёнида тошқол таркибида мис миқдорининг 0,63% гача, олтинни 0,11г/т гача камайтирилиши учун кислород парциал босими кўрсаткичлари 8-12% га камайтириш орқали муқобил параметрлар аниқланган;

суюқ тошқолни печ ташқарисида муаллақ ҳолатда камбағаллаштириш орқали рангли ва нодир металллар сақлаган яриммахсулот олиш технологияси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

саноатнинг мис эритиш печларида тошқолдаги мис миқдорини камайтиришнинг асосий параметрлари ишлаб чиқилган;



жараённинг оптимал параметрларини ўрнатиш тошқолдаги мис миқдорини 0,80-0,85% дан 0,63% гача камайтиришга олиб келган ва бу миснинг тошқолдан штейн таркибига ўтиши ҳисобига суткасига 2,2 тонна мисни қўшимча ажратиб олиши аниқланган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** ишлаб чиқилган технологик режимларни мувозанат ҳолатида қўллаш натижасида қимматли компонентларнинг тикланишини ошириш ва тошқол ҳосил бўлишида оптимал параметрлардан фойдаланиш ҳамда тошқол таркибида мис миқдорининг камайишини асословчи замонавий физик-кимёвий усуллардан фойдаланиш, шунингдек, лаборатория синовлари натижасида олинган ижобий далолатномалар билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти мис эритиш печи тошқолининг фазалар ҳосил бўлиш жараёнида кислород парциал босимининг оптимал кўрсаткичлари аниқланганлиги, фазалар мувозанати тизимида ҳарорат таъсири ўрганилганлиги, суюқланманинг қовушқоқлигига таъсир этувчи параметрлар, шунингдек, тошқол таркибида мисни камайтиришнинг назарий жиҳатдан асосланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти печ ичи суюқ тошқолининг камбағаллаштирилиши, штейн таркибида мис миқдорининг 0,63 % гача ортиши, тошқол таркибида мис миқдорининг 0,85% дан 0,63% гача камайиши, бунга Ванюков печи тошқол зонасида кислородни парциал босимини 8-12% га камайтириш ва печь ташқарисидаги сифонда 25-30 дақиқа тиндириш туфайли эришилди. Мувозанат ҳолатида суюқ тошқолни қайта ишлаш натижасида оғир ( $\rho=3,5-5,5$  г/см<sup>3</sup>) ва енгил ( $\rho=2,7-3,5$  г/см<sup>3</sup>) фракцияларга ажратилиши мис саноати тошқолидан мис ва нодир металлларни қўшимча ажратиб олишга имкон бериши билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Мис эритиш печларида тошқол таркибидаги мис миқдорини камайтиришнинг асосий омилларини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

эритиш агрегатларида тошқол ва штейн ҳосил бўлиши константа мувозанатининг муқобил омиллари ишлаб чиқиш натижасида мисни тошқолда камбағаллаштириш технологияси Олмалик кон-металлургия комбинати АЖда амалиётга жорий этилган (Олмалик кон-металлургия комбинати АЖ нинг 2021 йил 08 июлдаги АА-005890-сон маълумотномаси). Натижада, миснинг тошқолдаги миқдори 0,80-0,85% дан 0,63% гача камайтириш ва суткасига 2,2 тонна мис тошқолдан штейн таркибига ўтиши ҳисобидан қўшимча мис ажратиб олиш имконини берган;

эритишдан сўнг маҳсулотлар миксерда 1150-1175°С ҳароратда 25-30 мин. чўктириш ҳисобига олтиннинг тошқолдаги миқдори 0,17 г/т дан 0,11 г/т га камайиши муқобил омиллари натижасида мис ва нодир металлларни тошқолда камайтириш жараёни Олмалик кон-металлургия комбинати АЖда амалиётга жорий этилган (Олмалик кон-металлургия комбинати АЖ нинг 2021 йил 08 июлдаги АА-005890-сон маълумотномаси). Натижада, ишлаб чиқилган технологиянинг қўлланилишида олтиннинг кунлик тошқолдан

штейнга ўтиш миқдори 60 г. ошириш ва иқтисодий самарага эга бўлиш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқотнинг натижалари 5 та халқаро ҳамда 6 та республика миқёсидаги илмий-амалий анжуманларда апробациядан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 18 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 5 та мақола, жумладан 4 та республика ва 1 та хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 121 бетни ташкил этган.

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

**Кириш** қисмида олиб борилган тадқиқотнинг долзарблиги ва унга бўлган талаб, тадқиқот мақсади ва вазифалари асосланган, тадқиқот объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга қўлланиш бўйича тавсиялар, нашр қилинган ишлар ва диссертация тузилиши келтирилган.

**«Мис тошқолини қайта ишлашнинг замонавий усуллари назарияси ва технологияси»** мавзусидаги биринчи бобда бугунги кунда дунё амалиётида печ ички тошқоли ва печдан ташқарида суюқ тошқолни қайта ишлаш ва техноген чиқиндилардан рангли ва нодир металлларни ажратиш олиш анъанавий усуллари адабиётлар таҳлили шаклида келтирилган, шунингдек мавжуд технологияларнинг афзаллик ва камчиликлари кўрсатиб ўтилган.

Технологик жараёни бошқариш ва бошлаш учун аввало бошланғич материаллар якуний олинадиган тайёр маҳсулот ва унга таъсир этувчи омиллар аниқланиши керак. Берилган бошланғич ашёлар ёхуд бирикмалар ва уларга қўйилган вазифа технологик жараёнга унинг боришига бўлган таъсири ҳам ўзаъро боғлиқ бўлиши керак. Бошланғич берилган шароитлар деганда унунг кимёвий таркибига қўйилган талаб билан бир хилда бўлиши, шунингдек, ундаги керакли бирикмаларни ва металлни ажратиш олиш даражасига таъсир этувчи омиллар ўрганилган бўлиши лозим.

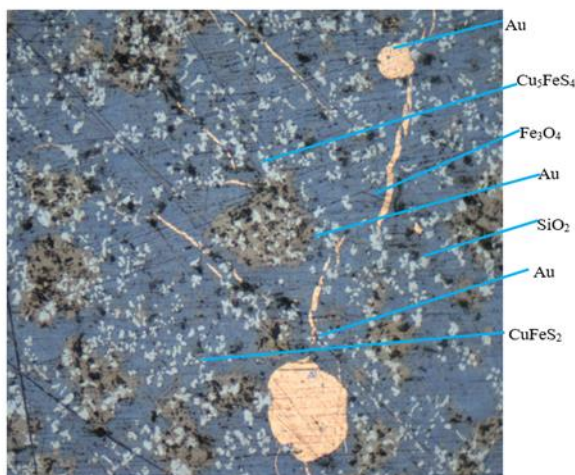
Бизнинг тадқиқотимизда асосан мис эритиш заводидаги мисли хом ашё, флотация жараёнидан кейин махсус аралаштиргичлар ёрдамида мис қоришмаси (шихта) таёрлангач, улар пирометаллургия жараёнига, яъни эритиш печларига юкланади. Эритиш печларидан “Олмалик кон-металлургия камбинати” мис эритиш заводида 3 та асосий агрегат бугунги кунда ишлаб турибди. Шундан бири Яллиғ қайтарувчи эритиш печи у гаҳон ёз кунларда

ишламай тўхтаб туради, бир йилда 9-10 ой узликсиз кунига 1500 тоннагача мисли қоришмани 1250-1350°C ҳароратда эритиб - ундан 28-35% ли мис штейнини олса, тошқол таркибида эса 0,5-0,9%ли мис, қолган асосий бирикмалар кремний, темир, кальций ва алюминий оксидларидан иборатдир, олинган тошқол махсус ташланма жойга чиқариб ташланади. Биз олиб бораётган илмий тадқиқот ушбу эритиш печларида бораётган жараёнларга бевосита боғлиқ. Асосий омиллар қилиб бошланғич хом ашё, олинган маҳсулотлар ҳисобланган штейн, тошқол ва оқава техноложик газларнинг иштироки натижасида борадиган фазалар йиғиндиси ва тизимнинг мустақил таркибий қисми бўлган - компонентлар ҳақида ўз тадқиқотимизнинг намуна ва тажриба хулосаларини келтириб ўтамиз.

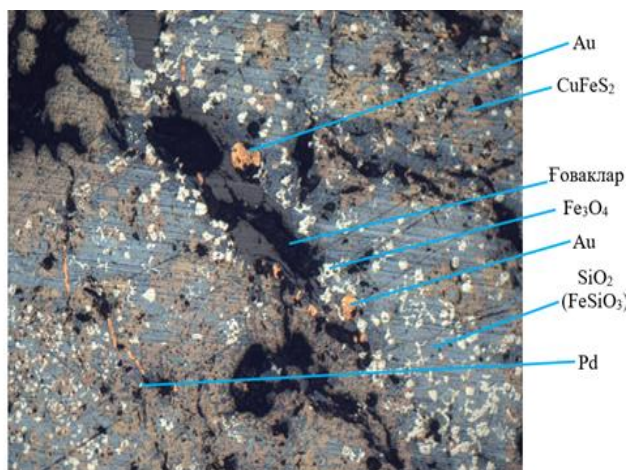
Бугунги кунда “Олмалик КМК”да яллиғ қайтарувчи, кислород машъал печи ва Ванюков эритиш печлари фаол ишлаб келмоқда. Хар уччала печнинг ишлаши мобайнида унда ўртача 0,7-1,0% гача мис тошқол билан чиқиндихонага чиқарилиб юборилмоқда. Айнан аналитик таҳлилда ОКМК АЖда турли йилларда (2010-2020 й) олиб борилган Квятковский С.А., Кондратов А.В., Хван А.В., Федеров А.Н. каби олимларнинг асарлари ўрганилган. Ишда мис штейни ва кремнезем билан тўйинган фаялитли тошқол ўртасида миснинг 1200°C ҳароратда тақсимланишини ўрганиш бўйича тажриба синовларининг натижалари баён қилинган.

Диссертациянинг иккинчи «Тадқиқот объекти ва усуллари» бобида дастлабки хомашё ҳисобланган “Олмалик кон-металлургия комбинати” АЖ мис ишлаб чиқариш саноати Ванюков печи суюқ ва қаттиқ тошқоли олинган. Тажриба саноат синовларида “Олмалик кон-металлургия комбинати” акциядорлик жамияти Мис эритиш заводи Ванюков печи суюқ тошқолларини печь ичида камбағаллаштириш ва печь ташқарисида муаллақ ҳолатда қайта ишлаш, натижада суюқ тошқолни муаллақ ҳолатда қайта ишлаш жараёнида бир нечта фазаларга ажратиш жараёни амалга оширилди.

Ўтказилган тажрибаларда олинган маҳсулотларнинг кимёвий, минераложик таркиблари ўрганилди. Шунингдек, эритиш ва чўктириш жараёнларида металлларни ажралиш жараёнлари таҳлили, суюқланмаларда металлларнинг миқдорининг физик-кимёвий аниқлаш усуллари тасвирланган. Тошқол таркибини ўрганиш уларни қайта ишлашнинг муқобил технологиясини танлашга ва ҳосил бўлаётган тошқолни камбағаллаштиришда оптимал шароитларни танлашга асос бўлиб хизмат қилади. Шунингдек, бўлида ташланма тошқолни қайта ишлаш учун замонавий технологиялар тадқиқоти, шунингдек тажриба синовлари, экспериментлар ва кучайтирилган тажриба синовларининг тадқиқот натижалари таҳлили келтирилган.



1-Расм. Соф олтин. Мис сульфиди.  
Катталаштирилган 200х



1-Расм. Соф олтин. Мис сульфиди.  
Катталаштирилган 200х

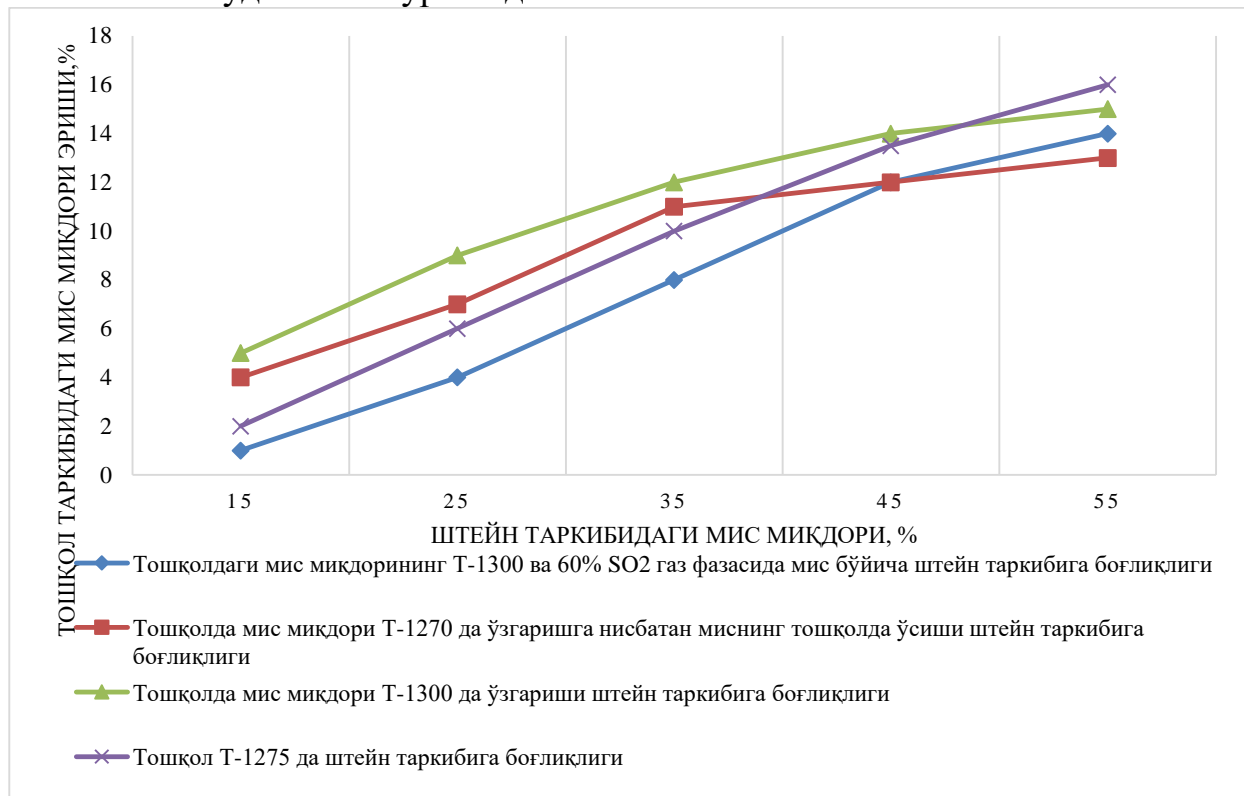
Диссертациянинг учинчи «Тошқол таркибидаги мис миқдорини камайтириш ва тошқолдан мис ва нодир металлларни ажратиб олишнинг назарий ва амалий асослари» бобида мис эритиш агрегатларида тошқол ва штейн фазаларининг ҳосил бўлишида мувозанат константаларининг муқобил омилларини тадқиқ қилиш ҳисобига, тошқол фазасида рангли ва нодир металллар миқдорини камбағаллаштиришга бағишланган.

Ҳар қандай технологик жараённинг мақсади бошланғич хом ашёдан аввалдан режалаштирилган ва кутилган тайёр ёки ярим тайёр маҳсулотни олишдир. Хомашё таркибидан бирор метални соф ҳолда олиш учун технологик жараёни олиб бораётганда имкон даражасида унинг таркибидаги метални кўпроқ ажратиб олишга ҳаракат қилинади. Бунинг учун жуда кўп технологик омиллар мавжуд бўлиб, уларнинг деярли ҳаммаси ҳам жараённинг боришига ўз таъсирини кўрсатади.

Шихта таркибидаги мис 15-18% гача, олтингугурт 28-31% гача, 14-16%  $\text{SiO}_2$  ва 25-30% Fe, 16-18 г/т Au, 50-65 г/т Ag, 1,5-2 г/т Pd ва 0,5 г/т Pt ва оз миқдорда Re, Se, Te каби асосий кимёвий элементлар мавжуд. Шунингдек, уларнинг таркибида  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , CaO, MgO, FeO каби кераксиз тоғ жинслари ҳам 15-25% (умумлашганда) бўлади. Эритиш жараёни кислородли машъалли эритиш печими, Ванюков эритиш печими барчасида суюқланма печ ваннасига юкланган бирикма 1270-1375°C ҳарорат остида эриб тўлиқ суюқ холига ўтгач, 2 хил: газ ва суюқ фаза ҳосил бўлади, суюқ фазада ҳам ва газ фазасида ҳам майда қаттиқ заррачалар бўлиб улар учинчи фазани ташкил этади.

Натижада тошқол-штейн тизимида фазаларнинг эркин шаклланиши қийин кечади. Оксидли бирикмалар тошқол фазасини ташкил этсада унда мис заррачалари ҳам механик йўқотиш туфайли ўта майда ва майин штейн зарралари билан биргаликда тошқол таркибида қолиб кетади. Ундан ташқари мисли зарралар оксидли тошқол таркибида (Т-1275°C) эриб унинг таркибига сингиб кетиши ҳам мумкин. Айнан икки хил миснинг тошқол таркибига ўтиши механик ва кимёвий (эриган ҳолда) металлнинг йўқолиши муқаррарлигича қолмоқда. Диссертациянинг илмий янгилиги, унинг асл

моҳияти ҳам ҳар иккала усулда йўқотиладиган мис зарраларини камайтиришга қаратилганлиги алоҳида касб этади. Олдинги бўлимларда, ҳатто минералогик таркибда ҳам мис, олтин, кумуш каби керакли металллар баъзида алоҳида зарра эркин ҳолида учраши фазалар шаклланиши даврида таъсир этувчи омилларга эътибор берилса уларни штейн фазасига ўтказиш имкони мавжудлигини кўрсатади.



**3-Расм. Тошқол таркибдаги мис миқдorigа жараён ҳароратининг таъсири**

Агар, назарий томондам мулоҳаза қиладиган бўлсак мис йўқотилиши аввало тошқол таркибида (печдан чиққан ташланма жойга юборилади) эриган ҳолатда мис метали (эркин ҳолда), сульфидли ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ,  $\text{CuS}$ ,  $\text{CuFeS}_2$ ,  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ) ва оксидли ( $\text{CuO}$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ) жойлашган бўлса худди шунингдек механик йўқотишда ҳам мис сульфид металл ҳолда ва майда дисперс мис ва темир сульфидлари эримаган ҳолда учрайди. Ҳар иккала кўринишда мисни тошқол таркибига ўтиши жуда кўп омилларга боғлиқ. Энг асосийси штейнли мис сульфидли, мисли бирикма аввало тошқолни суюқ эритма фазасидан ( $h$ -баландлиги 60-70 см гача бўлади) ўзининг штейнли фазасини ташкил этади. Ҳар иккала шаклдаги миснинг тошқол таркибига ўтиб сўнг йўқотилиши турли эритиш печларида турлича. Илмий тадқиқот қилинган Олмалик шароитидаги ҳар учала печда қўйдагича. Яллик қайтарувчи эритиш печида тошқол таркибида умумий мис миқдори 0,73% ни ташкил этади ундаги мис механик шаклда 67%ини кимёвий шаклда миснинг тошқол таркибига эриган ҳолда ўтиши 28% ни ташкил этади холос. Кислород машъалли печида бунинг тескараси механик шаклда мис атиги 21-22% ўтса кимёвий эриган ҳолда 72-75% ни ташкил этади. Миснинг умумий миқдори илмий тадқиқот вақтида

0,93% дан иборат еди. Кислородли машъалли эритиш печида бунда холатнинг кузатилишига асосий сабаб жараён муаллақ холатда юқори ҳароратда ( $T=1300-1350^{\circ}\text{C}$ ) кислород билан ёниб сўнг эриш бошланади ва печь тагига тушади. Ванюков печида бу ҳолат кўпроқ штейн таркибида миснинг ортиб боришига боғлиқ бўлади, агар ўртача штейн таркибида мис 60% ни ташкил этса кимёвий шаклда миснинг тошқолга ўтиши 55-60% ни ташкил этади.

Диссертациянинг асл моҳияти айнан штейн таркибидаги ўртача мис миқдорини камайтирмаган ҳолда миснинг йўқотилишига йўл қўймасликдир. Агар штейн таркибидаги мисни 30-35% га ушлаб турилса, тошқол таркибида мис улиши 0,5-0,6% дан ошмаслиги кимёвий жараёндаги миснинг йўқотилишини 73-75% дан 25-35% гача тушуриш мумкин бўлар эди.

Тошқол таркибида ўта майда зарраларнинг, йириклашиб штейн фазасига чўкиши жуда секин борадиган жараён сирасига киради. Шунинг учун ҳам уни тезлатиш устида жиддий илмий тадқиқот олиб бориш муҳимдир. Штейн-тошқол газ фазасидаги тизимида мувезонат шартида кўрсатилган қиймат  $P_{S_2}$  ўзгарувчан фаза учун  $a_3=a_4$  га тенг деб белгиланди.

Тошқол таркибида ўта майда заррала мис сульфидлари олтин, кумуш майин майда палладий, платиналар ҳам чўкмай тураверади. Уларни штейн таркибига ўтказиш яъни чўктириш учун эса тошқолнинг физик ва механик хусусиятига таъсир кўрсатиш лозим. Аввалига қовушқоқлигини камайтириш, камида 22-25% тушириш, кремний оксидининг 34-36%дан ортиб кетмаслигини назорат қилиш ҳароратни  $1275^{\circ}\text{C}$  дан ошмаслигига эришиш лозим.

Тўғри ҳароратни танлаш тошқол таркиби суёқ оқувчанлик хусусиятини яхшилашга,  $1285-1310^{\circ}\text{C}$  қовушқоқликни тушириб ўта суёқ холатда ишлашга олиб келади. Бироқ тажрибалар шуни кўрсатиб турибдики, ҳароратни ошиши суёқ тошқол таркибида янада майда штейн зарраларининг (0,5 – 1,0 мкм гача) ортиши, пуфакчаларнинг кўпайишига, миснинг кимёвий усулда йўқотилишига олиб келмоқда. Демак ҳароратни оширмай  $T=1250-1270^{\circ}\text{C}$  атрофида кислород парциал босимини  $P_{O_2}$  камайтириб, мис зарралари ва штейннинг тошқол таркибида эрувчанлиги тезлигини камайтиришга олиб келади. Мис эритиш печида суёқланиш жараёни давомида суёқланманинг тошқол-штейн фазага ажралиши мис тошқолининг, жараёндаги ҳосил бўладиган бирикмаларнинг қовушқоқлигига боғлиқдир.

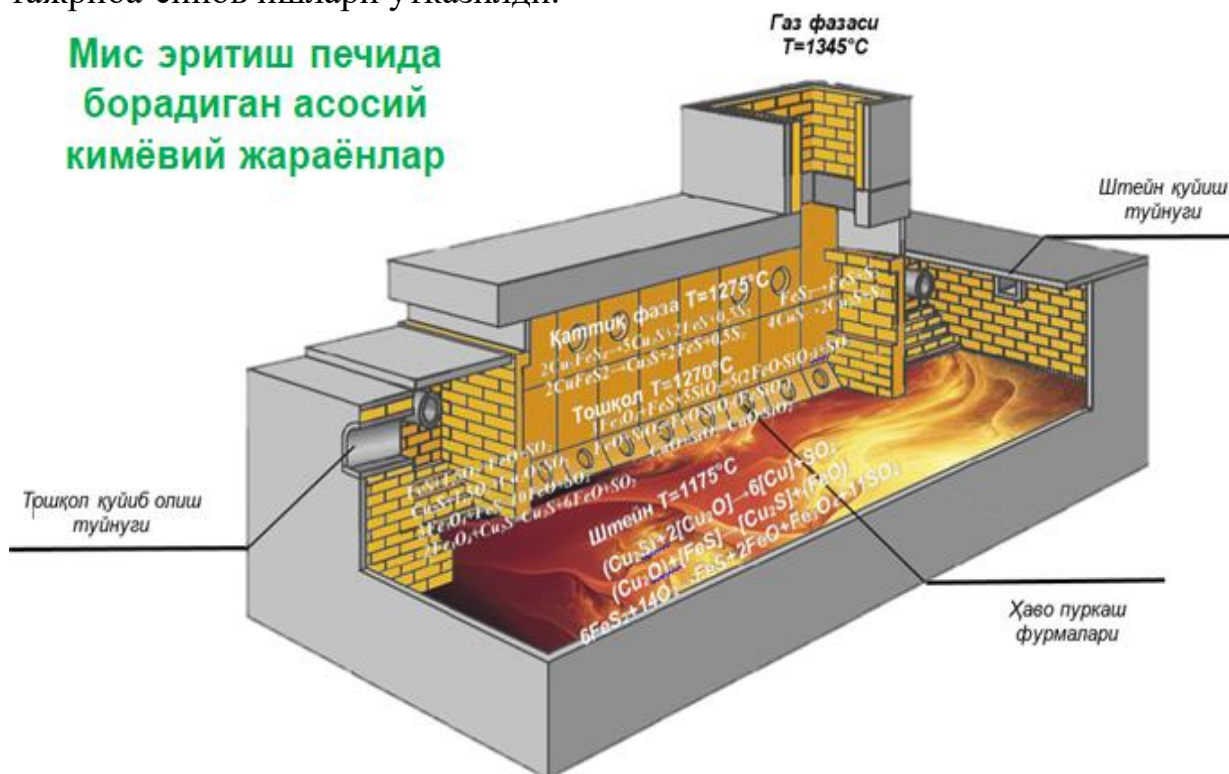
Бунда ишлаб чиқарувчи олдида қўйиладиган асосий мақсад максимал даражада бой мис таркибли штейн ва имкони борича минимал даражада тошқол таркибига мисни камайтиришга эришишдан иборат.

Шу ўринда зиддиятли муаммо туғилади, яъни штейн таркибини қанчалик бой қилишга эришсак, тошқол таркибига шунча кўп металл чиқиб кетади. Штейн таркибида миснинг ошиб бориши билан тошқол таркибидаги мис миқдорининг ҳам ошиши эриш жараёни ҳароратига, берилётган кислород миқдorigа ва ҳосил бўлаётган бирикмалар қовушқоқлигига боғлиқ бўлади. Жараёнга берилётган кислород миқдорини камайтириш орқали ҳосил бўлаётган бирикмалар қовушқоқлигини камайтириш имкони мавжуд



ва мазкур назарияни амалда қай даражада ишлашини текшириш учун мис эритиш печига берилаётган кислород миқдорини 14% гача камайтириб тажриба-синов ишлари ўтказилди.

### Мис эритиш печида борадиган асосий кимёвий жараёнлар



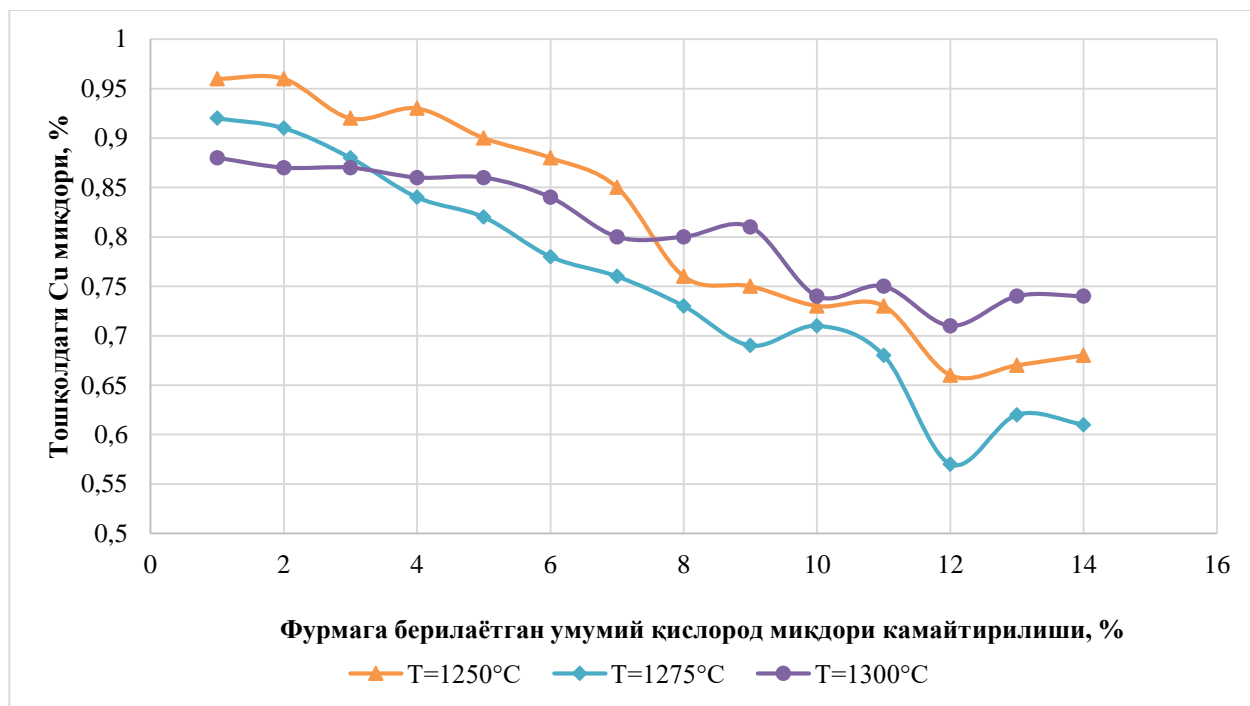
4-Расм. Мисли хомашёнинг эритиш печи ичидаборадиган асосий кимёвий реакциялар, парчланиш, штейн ва тошқол ҳосил бўлиши.

Уч хил ҳароратдаги тошқол ҳосил бўлишида кислород миқдорининг 12% гача камайтирилиши тошқол таркибидаги миснинг 0,57% гача камайтиришга эришилди. Суюкланиш жараёнида кремнезем таркибли комплекс бирикмалар ҳосил бўлганда тошқол қовушқоқлиги ортади ва унинг таркибида қолиб кетаётган кичик мис зарралари тошқолдан ажралмай, бирик қолиш эҳтимоли мавжуд. Жараёнда кислород берилиши эса турли кремнезем, кремнезем-кислородли комплекс бирикмалар ҳосил бўлишини таъминлайди. Кислород миқдорининг камайтирилиши билан бундай турдаги бирикмалар ҳосил бўлишини ва ўз ўрнида тошқол қовушқоқлигини камайтиришга эришамиз.

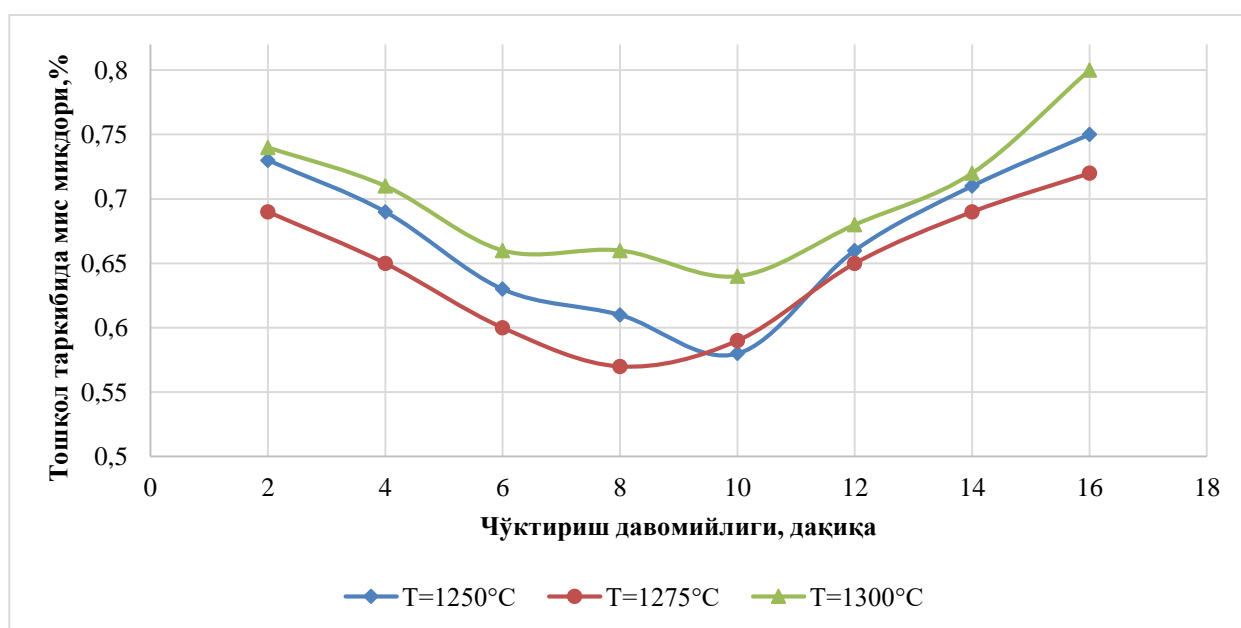
Тошқол ҳарорати  $T=1275^{\circ}\text{C}$  бўлган ҳолатда жараёнга берилаётган кислороднинг 12% га камайтирилиши тошқол таркибидаги миснинг 0,57% гача камайтирилиши таъминлайди.  $T=1250^{\circ}\text{C}$  ва  $T=1300^{\circ}\text{C}$  ҳароратда ўтказилган тажрибалар натижаларига кўра кислород миқдорининг 12% қисқартирилиши энг яхши натижа берганини кўришимиз мумкин. Лекин мазкур ҳароратларда энг максимал кўрсаткич қайд этилмаганининг сабаби  $T=1250^{\circ}\text{C}$  ҳароратда кичик мис зарраларининг тўлиқ эримагани ва  $T=1300^{\circ}\text{C}$  ҳароратда нисбатан кам кислород берилгани ҳолда ҳароратнинг юқори бўлиши - қовушқоқлиги юқори бўлган комплекс бирикмаларнинг ортишига олиб келганлигини кўришимиз мумкин. Эриш жараёни давомида тошқол-штейн ҳосил бўлишида тиндиришнинг аҳамияти ўрганилди. Яъни, регламент бўйича маҳсулот печь ичида етарлича вақт ушлангандан сўнг, тошқол таркибидаги қолиб кетган

кичик эриган мис заррачалари бирикиб, штейн фазасига ўтиши учун 2 дақиқадан 16 дақиқагача печь ичида тиндирилди. Тиндириш жараёнлари ҳам турли кислород миқдори ва турли вақт режимида олиб борилди (5–6– расмлар).

5-Расмда кислород миқдорининг камайтирилиши билан тошқолда мис миқдорининг ўзгариши кўрсатилган бўлиб, оптимал даража кислород миқдорининг 12% га камайтирилиши эканлиги аниқланди.



**5-Расм. Кислород миқдори камайтирилишининг тошқолни қамбағаллаштиришга таъсири**



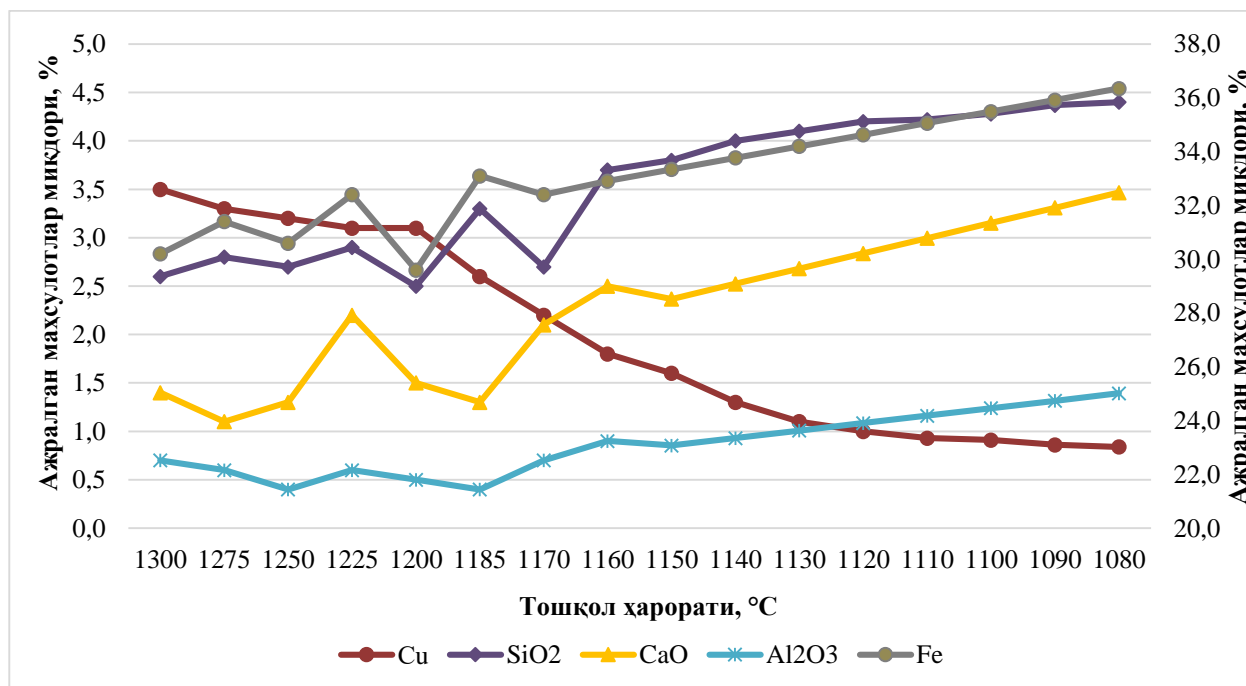
**6-Расм. Тиндириш давомийлигининг турли ҳароратлардаги тошқол таркибидаги мис миқдорига таъсири (Кислород миқдори 12% га камайтирилганда)**



6-Расмдан фурмага берилётган кислород миқдорининг 12% га камайтирилиши ва тиндириш жараёнининг 10-12 дақиқа давом этиши орқали тошқолдаги мис миқдорининг қай даражада камайтиришга эришиш мумкинлиги кўринади. Бунда кислород миқдорининг оптимал даражада камайтирилиши ҳисобига 10-12 дақиқа тиндириш миснинг шлак таркибида максимал даражада камайиб кетишига омил бўлмоқда.

Ўтказилган тажрибалар натижаларига кўра, тиндириш давомийлигининг энг оптимал кўрсаткичи 10-12 дақиқани ташкил этди, кислород миқдори эса бугунги кундаги стандарт миқдордан 12%га камроқ берилганда тошқол таркибида мис миқдорининг максимал даражада камайишига эришиш мумкин.

«Ванюков печи тошқоли таркибида мис миқдорини камайтириш ва печ ташқарисида тошқолни қайта ишлашнинг самарали технологиясини яратиш» деб номланган тўртинчи бобда тадқиқотлар натижалари ва уларни тошқол таркибида мис ва нодир металллар миқдорини камбағаллаштириш мақбул режимларини ўрганиш ва ўрнатиш кўрсаткичлари аниқланган, шунингдек печ ички ва ташқи тошқолини камбағаллаштириш технологияларини жорий қилиш натижалари таҳлили келтирилган. Печдаги штейн сатҳини ўзгартиришдан ташқари, бой штейнларга ўтишда, жараённинг бошқа бир қатор муҳим параметрлари ва кўрсаткичлари ўзгаради, сўзсиз ушбу ўзгаришларни тўғри талқин этиш керак ва ҳисобга олиш зарур. «ОКМК» Ванюков эритиш печида бой штейнларни олишнинг ижобий ва салбий томонларини ҳар томонлама тушуниш 40% дан 65% гача мис таркибли штейн олиш учун технологик ҳисоб-китоблар бажарилди.

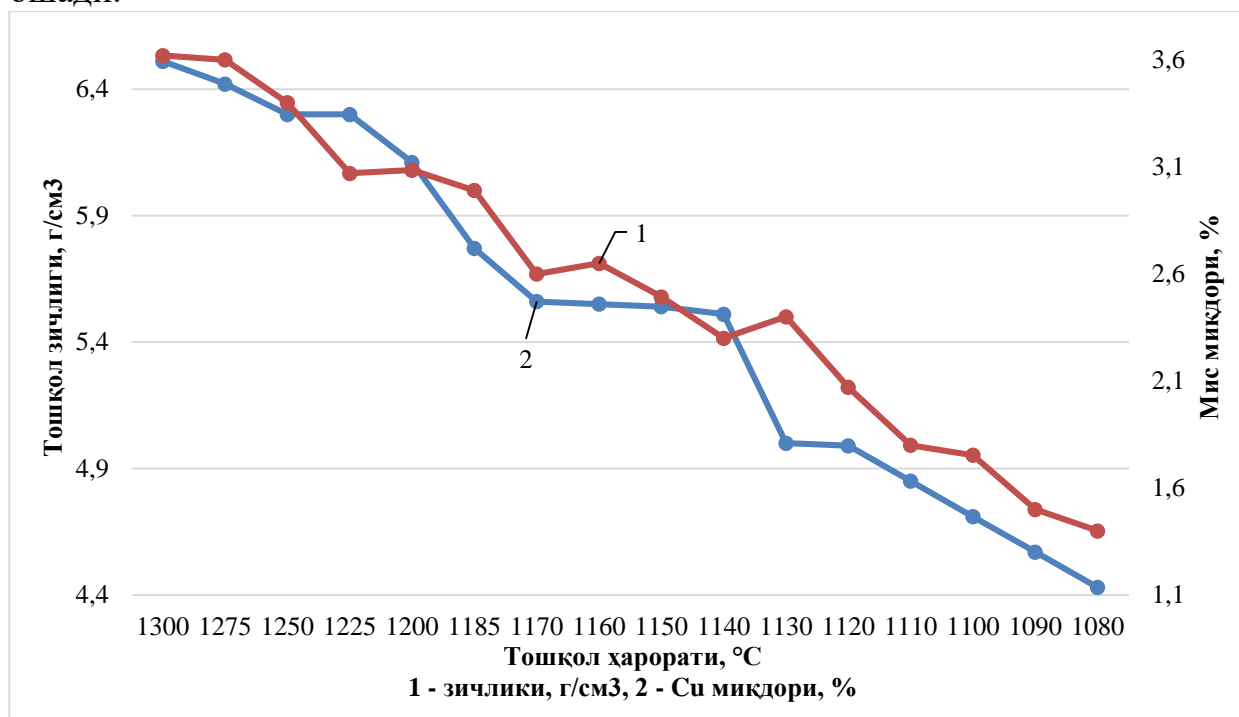


7-Расм. Суюқ тошқолни муаллақ ҳолатда ажратиш жараёнида миснинг фазаларга ажралишида ҳароратнинг таъсири (оғир фракция)

Таклиф этилаётган технология арзон ва кўшимча эриш печлари талаб этилмайди. Тадқиқот мақсади водород билан суяқ тошқолда темир ва мисни бир вақтнинг ўзида камайтириш орқали сув оқимида грануляция пайтида  $3,5 \text{ г/см}^2$  дан паст зичликка эга бўлган енгил заррачалардан  $\rho=4,5-6,5 \text{ г/см}^3$  зичлигига эга бўлган оғир зарраларни ажратишдир. Суяқ ва иссиқ тошқолнинг грануляция пайтида сув билан ўзаро та'сири пайтида сув буғини  $1000-1100^\circ\text{C}$  ҳароратда зарядсизлантириш орқали водород ажралиб чиқади.

$T-1275^\circ\text{C}$  якуний (синов охирида)  $T-1100^\circ\text{C}$  натижалар 1 ва 2 жадвалларида кўрсатилган. Асл суяқ тошқол-100 кг. сув босими-1,2 Atm. Поз. 1,2,3,4  $t-1250-1275^\circ\text{C}$  да амалга оширилади, тошқол ҳали жуда ёпишқоқ эмас, суяқ ва енгил фракциялар яхши ажратилади (тахминан 70%).

Оғир фракцияда мис миқдори 2,3% дан 2,8% га (аслида 1,05%) тенг ва 85-90% кремний енгил фракцияга ўтади. Шунинг учун оғир фракцияда қимматли таркибий қисмларнинг таркиби ошади. Поз.5,6,7,8  $1150-1200^\circ\text{C}$  ҳароратда ажралиб чиқади. Тошқол ёпишқоқ ва кучсиз оқимда бўлади. Ажратиш самарали эмас, сабаби  $\text{SiO}_2$  нинг енгил фазага ўтиши 90% дан 75-80% гача камаяди ва мис миқдори 2,7% дан 2,3% гача камаяди, шунингдек, 30,0% дан 36,2% гача бўлган оғир фракциянинг чиқиши параллел равишда ошади.



### 8-Расм. Суяқ тошқолни муаллақ ҳолатда ажратиш жараёнида тошқол зичлигининг ҳароратга боғлиқлиги (оғир фракция)

Енгил фракцияни оғирликдан ажратиш тошқолнинг қовушқоқлигидан, ҳароратнинг кескин ўзгаришидан қатъий назар содир бўлади ва тошқолни майдалаш +3 мм синф таркиби 70% атрофида енгил фракция чиқиши билан боради. Ҳарорат ошиши ва қовушқоқлик камайиши билан енгил фракциянинг чиқиши ошади ва оғир фракцияда мис миқдори ошади.

Шундай қилиб, тошқолнинг оптимал ҳарорати 1200-1250°C, сув босими 24 Атм дан кам эмас. Сув оқими ва босим тезлиги ҳисобланади. Ҳарорат 1150°C га ошиши ва қовушқоқлик камайиши билан енгил фракциянинг чиқиши ошади ва оғир фракцияда мис миқдори ортади.

## ХУЛОСАЛАР

1. “Олмалиқ кон металлургия комбинати” мис эритиш заводида ҳосил бўлган қаттиқ тошқолларнинг петрографик ва минералогик хусусиятлари, тошқол таркибидаги металллар тузилишининг минералогик табиати ва тошқолларнинг тузилиши, маъданларнинг қаттиқ жинс қатламлари тузилиши тошқолнинг эриш вақтида тошқол-штейн фазалари ҳосил бўлиш механизмларига назарий асос бўлиб хизмат қилишини кўрсатди.

2. Миснинг сульфидли бирикмалар билан бирга тошқол таркибида камайишига таъсир этувчи омиллар - ҳарорат, штейн таркибидаги мис миқдори, кислород ва олтингугурт парциал босимининг ортиши аниқланди.

3. Ҳосил бўлган тошқолда миснинг камбағаллаштириш учун мақбул омилларини танлаш тошқолдаги миснинг жойлашув ўрнига ва ҳосил бўлувчи минераллар таркибига боғлиқлиги аниқланди.

4. Суяқ тошқол фазасида миснинг кимёвий йўқолишини олдини олиш сабаблари аниқланган ва танланган ҳароратда кимёвий реакцияларнинг самарали олиб борилишини таъминлайдиган, печь ичкарасидаги суяқ тошқолни муаллақ ҳолатда қайта ишлаш жараёнининг афзалликлари кўрсатилди.

5. Печ ичи суяқланмасида штейн ва тошқол фазаси ҳосил бўлгандан сўнг тошқолга етказиб бериладиган кислород миқдорини 7-10 дақиқа оралиғида ва тошқол зонасидаги фурма орқали кислород пуркаш миқдорини 8-12 % гача қисқартириш шароитлари ўрнатилди.

6. Эритиш печи ташқарисидаги суяқ тошқолни муаллақ ҳолатда қайта ишлаш натижасида оғир ва енгил фракцияларни ажратиб олиш имконини берувчи технологияси ишлаб чиқилди.

7. Ванюков эритиш печининг муқобил омиллари танланди ва таклиф этилди, натижада тошқол таркибида мис миқдори 0,80-0,85% дан 0,63% га камбағаллаштиришга эришилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО  
ПРЕДПРИЯТИЯ «ФАН ВА ТАРАККИЁТ» ПРИ ТАШКЕНТСКОМ  
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ  
имени ИСЛАМА КАРИМОВА**

---

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«ФАН ВА ТАРАККИЁТ»  
ТАШКЕНТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА имени ИСЛАМА КАРИМОВА**

**ХАСАНОВ УЛУГБЕК АБДУРАШИДОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРИ  
МЕДИ СО ШЛАКАМИ В МЕДЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧАХ**

**05.02.01 – Материаловедение в машиностроении. Литейное производство.  
Термическая обработка и обработка металлов давлением. Металлургия черных,  
цветных и редких металлов. Технология редких, благородных и радиоактивных  
элементов» (технические науки)**

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

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована под номером В2021.2. PhD/T1175 Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.**

Диссертация выполнена в Государственном унитарном предприятии «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета ([www.gupft.uz](http://www.gupft.uz)) и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Научный руководитель:** **Шарипов Хасан Турабович**  
доктор химических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Якубов Махмуджон Махамаджанович**  
доктор технических наук, профессор

**Камолов Турсунбой Очилович**  
доктор технических наук, доцент

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

Защита диссертации состоится «17» августа 2021 года в 11<sup>00</sup> часов на заседании научного совета DSc.03/30.12.2019. К/Т.03.01 при ГУП «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова. (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба 7а тел.: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73; e-mail: [www.gupft.uz](http://www.gupft.uz)), в здании «Фан ва тараккиёт» ГУП, 2 этаж, зал конференций).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре ГУП «Фан ва тараккиёт» (зарегистрированный номером №20). (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба 7а тел.: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73).

Автореферат диссертации разослан «05» августа 2021 г.  
(протокол реестра №\_\_\_ от 2021 г.)

**С.С. Негматов**

Председатель научного совета по присуждению ученых степеней, академик АН РУз, д.т.н., профессор

**М.Э. Икрамова**

Ученый секретарь научного совета по присуждению ученых степеней, к.х.н., с.н.с.

**А.М. Эминов**

Председатель научного семинара при научном совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор.

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована под номером B2021.2. PhD/T1175 Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.

Диссертация выполнена в Государственном унитарном предприятии «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета ([www.gurft.uz](http://www.gurft.uz)) и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

**Научный руководитель:** Шарипов Хасан Турабович  
доктор химических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** Якубов Махмуджон Махмаджанович  
доктор технических наук, профессор  
Камолов Турсунбой Оччилович  
доктор технических наук, доцент

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

Защита диссертации состоится «17» августа 2021 года в 11<sup>00</sup> часов на заседании научного совета DSc.03/30.12.2019. К/Т.03.01 при ГУП «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова. (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба 7а тел.: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73; e-mail: [www.gurft.uz](http://www.gurft.uz)), в здании «Фан ва тараккиёт» ГУП, 2 этаж, зал конференций).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре ГУП «Фан ва тараккиёт» (зарегистрированный номером №20). (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба 7а тел.: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73).

Автореферат диссертации разослан «05» августа 2021 г.  
(протокол реестра №\_\_ от 2021 г.)

  
  
С.С. Негматов  
Председатель научного совета по присуждению  
ученых степеней, академик ХН РИЗ, д.т.н., профессор

  
М.Э. Икрамова  
Ученый секретарь научного совета по присуждению  
ученых степеней, к.х.н., с.н.с.

  
А.М. Эминов  
Председатель научного семинара при научном  
совете по присуждению ученых степеней,  
д.т.н., профессор.

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В настоящее время мировая стратегия развития на XXI век, получившая название «Концепция устойчивого развития» предусматривает развитие экономики должна осуществляться, не нарушая устойчивого равновесия биосферы - природной среды, в границах которой это развитие происходит. Проблема отходов при этом, определена как препятствующая устойчивому развитию мировой экономики. В этом плане, лидирующими предприятиями по образованию отходов является производство меди, наиболее интенсивно развивающаяся отрасль цветной металлургии. При этом особое значение имеет разработка технологий и внедрение в практику извлечения меди и благородных металлов из техногенных отходов.

В мире в ведущих странах мировых производителей меди широко проводятся исследования в разработке техногенных отходов – шлаков медного производства. Исследования по переработке медных шлаков осуществлена фирмой Карлин Майз, получение медных сплавов из медных шлаков разработана в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС». Для создания замкнутая технологическая цепочка производства меди, экологичный подход к переработке отходов медеплавильных предприятий разработаны и исследованы теоретические основы твердофазного восстановления компонентов шлака углеродом, с целью создания новой комплексной технологии совместной переработки шлаков медеплавильного производства. При этом имеет разработка технологий и внедрение в практику извлечения меди и благородных металлов из техногенных отходов.

В Узбекистане проводятся мероприятия и достигнуты определенные результаты по проблеме переработки шлаков медного производства. Горно-металлургической промышленность является одной из важных отраслей развитие, которого немислимо без разработки и внедрение усовершенствованных и новых технологий для переработки минерального сырья, в частности полиметаллических руд, с целью комплексного извлечения всех ценных компонентов. В Указе Президента РУз «О Стратегии Действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»<sup>1</sup> «определены задачи развития промышленности на качественно новый уровень, глубокой переработки местных источников сырья, ускорения производства готовой продукции, освоения новых видов продукции и технологий»<sup>1</sup> - поставлены важные задачи. В этом аспекте важное значения имеет научное исследование, направленное усовершенствованию и разработке новых технологий для полного извлечения драгоценных металлов из техногенных отходов медного завода АО «Алмалыкского горно - металлургического комбината».

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан УП №4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии Действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

Узбекистан от 23 июля 2019 года №ПП-4401 «О мерах по реализации государственной программы по развитию и реабилитации базы данных», в Постановлении Президента Республики Узбекистан от 24 июля 2017 года №ПП-3145 «О мерах по совершенствованию управления научно-исследовательскими и проектно-изыскательскими работами в сфере промышленного освоения месторождений рудных полезных ископаемых», от 4 октября 2019 года №ПП-4477 «Об утверждении стратегии перехода Республики Узбекистан к «зеленой» экономике на 2019-2030 годы», а также других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования основным приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики VII. «Науки о земле (геология, геофизика, сейсмология и переработка минерального сырья)».

**Степень изученности проблемы.** В области исследования пирометаллургии меди, в том числе физико-химических свойств промышленных металлов меди, определяющих состояние системы  $\text{Cu} - \text{Fe} - \text{S} - \text{O} - \text{SiO}_2 - \text{CaO}$  внесли свой значительный вклад такие зарубежные и отечественные ученые: В.А. Ванюков, В.Я. Зайцев, А.Н. Вольский, В.П. Быстров, В.А. Смирнов, А.В. Тарасов, Ю.П. Купряков, В.В. Мечев, М.М. Лакерник, С.С. Набойченко, С.И. Митрофанов, С.М. Кожаметов, И.А. Онаев, А.А. Юсупходжаев, К.С. Санакулов, Х.Т. Шарипов, М.М. Якубов, А.С. Хасанов, С.А. Абдурахманов, С.Б. Садыков, С.А. Квятковский, Ф.Н. Фёдоров и др.

Исходя из анализа существующих работ, необходимо отметить, что все предлагаемые научно-исследовательские работы по обеднению шлаков по меди внутривпечное и внепечное могут снизить содержание меди и благородных металлов в шлаке, но они не в состоянии обеспечить глубокое обеднение, поскольку растворимость меди в шлаке и состав шлаковой и штейновой фазы практически не меняются. Кроме этого реализованные технологии по переработке шлаков не обеспечивают комплексного использования компонентного сырья. Решению этих проблем и посвящена настоящая диссертационная работа, чтобы обеднить шлаки по меди и благородных металлов, создавая благополучные условия для формирования шлако-штейновых систем.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами, где выполняется диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ в государственном унитарном предприятии «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета имени И. Каримова в следующих проектах: №02-2088 от 06.06.2012. Реализуется в рамках хозяйственного соглашения между АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» и об использовании экологически чистых, безотходных технологий производства меди, энергии и ресурсов.



**Целью исследования** является разработка основных параметров снижения потери меди со шлаками в медеплавильных печах.

**Задачи исследования:**

исследования минералогической и петрографической особенности твёрдых шлаков медного производства;

исследование влияющих параметров системы в состояниях фазовой равновесии жидких шлаков;

исследование структуры и термодинамики образование шлаков на основе изучение системы равновесия в шлак-штейн-газовой фазе с разработкой оптимальных параметров процесса;

изучение и исследование возможности внутри печного обеднения шлаков при формировании системы шлако-штейновых фаз;

разработка технология на основе проведение опытно-промышленных испытаний внепечного обеднения жидких шлаков во взвешенном состоянии с получением промпродукта с содержанием цветных и благородных металлов.

**Объектами исследования** являются твердые и жидкие шлаки медного завода АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат».

**Предметом исследования** является формирование шлако-штейновых расплавленных фаз и процесс обеднения внутри и внепечного обеднения шлаков по меди и благородных металлов.

**Методы исследования.** При выполнении диссертационной работы широко применены современные комплексные методы исследований, электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ, пробирный, химический и фазовый методы анализа, математические методы обработки результатов лабораторных испытаний.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

разработаны оптимальные параметры уменьшения содержание меди в составе шлака на основе петрографических и минералогических свойств, твердых шлаков медного производства;

определено влияние температуры на систему фазового равновесия, влияющую на параметры в состоянии расплава для повышения количества меди переходящей в состав штейна;

выявлены оптимальные параметры уменьшения количество парциального давления кислорода на 8-12% при образовании шлаков в медеплавильных печах для уменьшения количества меди на 0,63% и золота на 0,11 г/т в составе шлака;

разработана технология переработки жидких шлаков внепечной обработкой во взвешенном состоянии с получением полуфабрикатов, содержащих цветных и благородных металлов.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработаны основные параметры снижения потери меди со шлаками в медеплавильных печах промышленности;

показано, что установление оптимальных параметров процесса привела к снижению содержания меди в шлаке с 0,80-0,85% до 0,63%, и это позволяет

к дополнительному извлечению 2,2 тонны меди в сутки за счет перехода меди из шлака в штейн.

**Достоверность полученных результатов** обоснована совокупностью использованием современных физико-химических методов по повышению извлечения ценных компонентов в результате применения разработанных технологических режимов во взвешенном состоянии и применение оптимального параметра образование шлаков и подтверждающие уменьшение количества меди в составе шлака, а также положительными актами лабораторных испытаний.

#### **Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость исследования объясняется тем, что при образовании шлаков в медеплавильной печи определены оптимальные параметры парциального давления кислорода, изучено влияние температуры в системе фазового равновесия, исследованы влияющие параметры на вязкости расплава, а также теоретическое обоснование обеднения меди в составе шлака.

Практическая значимость результатов исследования – обосновываются обеднением жидких шлаков внутри печи, с увеличением содержания меди в штейне до 65%, с снижением содержания меди в шлаке от 0,85% до 0,63% с помощью понижения количества парциального давления кислорода в печи Ванюкова на 8- 12% и достигается путем выдержки шлака в течение 25-30 минут в сифоне внутри печи. Разделение на тяжелую ( $\rho=3,5-5,5$  г/см<sup>3</sup>) и легкую ( $\rho=2,7-3,5$  г/см<sup>3</sup>) фракцию в результате переработки жидких шлаков во взвешенном состоянии приводит к дополнительному извлечению меди и благородных металлов из шлаков медного производства.

**Внедрение результатов исследований.** На основании полученных научных результатов по разработке основных параметров снижения потери меди со шлаками в медеплавильных печах:

разработаны и внедрены технология обеднения шлаков и выявлено оптимальные параметры постоянного равновесия шлак-штейнового образования в плавильных агрегатах АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (справка АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» от 8 июля 2021 года №АА-005890). В результате появилась возможность снижения содержания меди в шлаке с 0,80-0,85% до 0,63%, что привело к дополнительному извлечению 2,2 тонны меди в сутки за счет перехода меди из шлака в штейн.

после плавления продукты помещают в миксер при температуре 1150-1175°C на 25-30 минут для снижения количества золота в шлаках от 0,17 г/т до 0,11 г/т за счет осаждения шлака разработаны процесс с оптимальными параметрами по обеднению меди и благородных металлов и внедрены в опытно-промышленном масштабе в условиях АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (справка АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» от 8 июля 2021 года №АА-005890). В результате появилась возможность применения разработанной технологии, в котором было получено дополнительное количество золота при переходе от

шлака в штейн, который составляет 60 г. в сутки и получение экономической эффективности размером 9,154 млрд. сум. в год.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования оглашены на 5 международных и 6 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано всего 18 научных трудов. Из них 5 статей, в том числе 4 статьи в республиканских и 1 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа изложена на 121 страницах и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных литератур и приложений.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснована актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Современное состояние теории и технология переработка медных шлаков**» по проведенному литературному анализу были определены недостатки и достоинства, имеющихся технологии переработка жидких шлаков медного производства внутри печной и внепечной обработка, используемых на сегодняшний день, а также были рассмотрены традиционные технологии переработки техногенных отходов для извлечение цветных и благородных металлов.

Чтобы управлять технологическим процессом и запустить его, прежде всего необходимо определить конечный продукт, из которого получают исходные материалы, и факторы, влияющие на него. Данные исходные материалы или соединения и поставленная перед ними задача должны быть взаимосвязаны с влиянием технологического процесса на его протекание. Начальные условия должны быть такими же, как и требования к его химическому составу, а также факторы, влияющие на степень извлечению в них ископаемых соединений и металлов.

В наших исследованиях в качество медное сырье является шлаки полученных из медеплавильного завода, которое после процесса флотации идет на приготовления шихту с помощью специальных смесителей и оно загружается в пирометаллургических агрегатах, то есть в плавильные печи. Плавильные печи на медеплавильном заводе Алмалыкского горно-металлургического комбината в настоящее время работают 3 основного

агрегата. Одна из них – отражательная плавильная печь, которая иногда летом перестает работать. Она плавит до 1500 тонн медного расплава при температуре 1250-1350°C в течение 9-10 месяцев в году. Медь при этом переходит в состав штейна образуя 28-35% расплав, а обрзовавшихся шлаке имеется 0,5-0,9% медь, а также он состоит в основном из оксидов кремния, железа, кальция и алюминия которое сбрасывается в специальных отвалах.

Проводимые нами научные исследования зависят от процесса происходящего в плавильных агрегатах. Основными влияющими факторами на сумма фазы, является образующихся в результате расплавление исходного сырья, полученного продукта, штейна, шлака, отходящие газы и т.д., а также компонентов независимого компонента системы.

Сегодняшней день в “Алмалыкский ГМК” работает для плавка медного сырья отражательная печь, плавильные печи Кислородна факельная(КФП) и печь Ванюкова. При работе обеих печей на отвалах выбрасывается шлаки в среднем содержанием меди 0,7-1,0%. В аналитическом обзоре работы изучены научные труды учёных Квятковский С.А., Кондратьевым А.В., Хван А.В., Фёдоровым А.Н. проведенный в разных годах (2010-2020 гг.) в АО «АГМК».

В исследовании представлены результаты экспериментов исследований по изучению распределение меди при температуре 1200°C между медным штейном и фаялитовой шлака насыщенной кремнеземом.

Во второй главе диссертации «**Объект и методы исследование**» получено в качестве исходного материала твердые и жидкие шлаки печах Ванюкова медного завода АО «Алмалыкского горно-металлургического комбината». В опытно-промышленных испытания проводилос медеплавильных заводах Алмалыкского горно-металлургического комбината в печи Ванюкова произвели обеднение жидких шлаков в печах и перерабатывали вне печной шлаки во взвешенном состоянии, в результате чего шлак в процессе грануляции разделялась на несколько фаз.

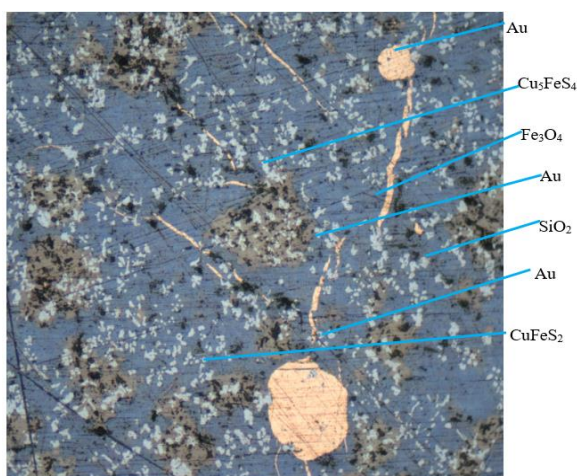


Рис.1. Свободная золота. Сульфид меди.  
Увеличение 200<sup>x</sup>

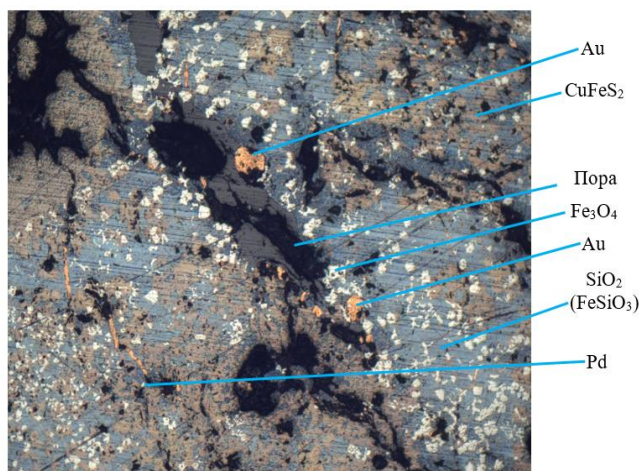


Рис.2. Свободная золота. Сульфид меди.  
Увеличение 200<sup>x</sup>

В проведенных экспериментах изучен химический и минералогический состав полученных продуктов. Также описан анализ процессов разделения

металлов в процессе плавления и отстаивания, методы физико-химического определения количества металлов в расплавах.

Изучение состава шлаков (рис.1, 2.) служит основой для выбора оптимальной технологий их обработки и выбора оптимальных условий обеднения для образующихся шлаков.

Представлено исследование современных технологий переработки шлаков, а также анализ результатов исследований экспериментов и укрепленных лабораторных испытаний.

В третьей главе диссертации « **Теоретические и практические основы снижения количества меди со шлаками и извлечения меди и благородных металлов из шлаков**» посвящена снижению количества цветных и благородных металлов со шлаками за счет изучения оптимальных параметров плавки и влияющих факторов на константа равновесия при образовании шлака и штейновой фазы в медеплавильных агрегатах.

Цель любого технологического процесса является получение из исходного сырья заранее запланированный и ожидаемый готовых продуктов или полуфабрикатов. При проведении технологического процесса получения металла из исходного сырья в чистом виде постарается извлечь как можно больше металла, входящего в его состав. Для этого существует множество технологических факторов, которое все из них влияют на процесса плавки продукта.

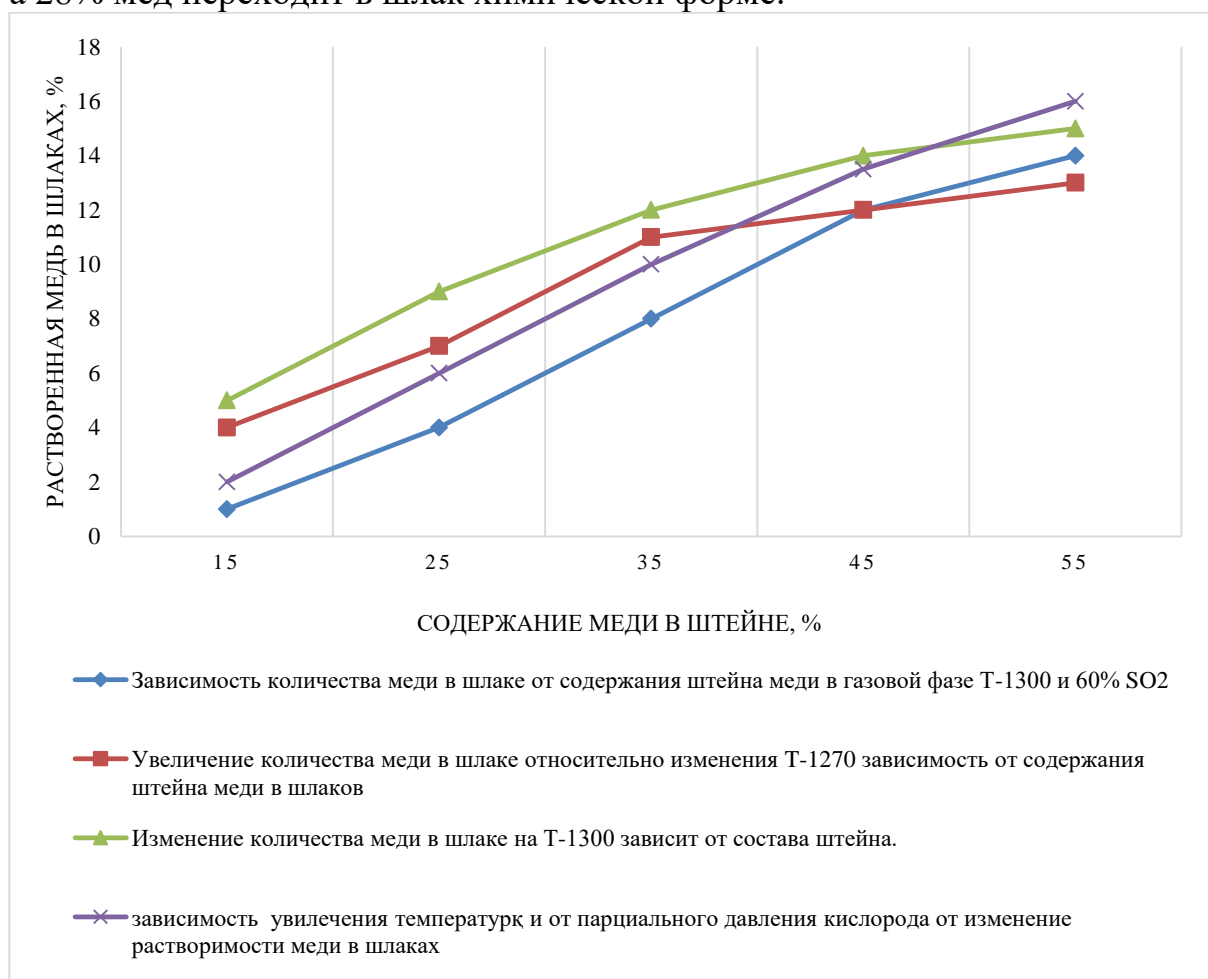
Шихта содержит до 15-18% меди, 28-31% сера, 14-16%  $\text{SiO}_2$  и 25-30% Fe, 16-18 г/т Au, 50-65 г/т Ag, 1,5-2 г/т Pd и 0,5 г/т Pt и небольшие количества химических элементов, таких как Re, Se, Te.

Также, в шихте содержат 15-25% (всего) пустых пород, таких как  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , CaO, MgO, FeO. Процесс плавки производится в КФП или плавильная печь Ванюкова, включает плавление всех загружаемых материалов в ванне расплава (ванне) при температуре 1270-1375°C до тех пор, пока они не станут полностью жидкими, при плавке образуется газовая и жидкая фаза расплава, а третья фаза образуется из мелких твердых частиц, разделяя в жидкой фазе. В результате чего свободное образование фазы в системе шлак-штейна затруднено. Хотя оксидные соединения образуют шлаковой фазу, очень маленькие и мелкие частицы штейна остаются в структуре шлака из-за механических потерь частиц меди. Кроме того, частицы меди могут плавиться в составе оксидной шлаке (Т-1275°C) и насыщается в ее составе. Эти двух типов меди в структуре шлака остаётся неизбежность потери с механической и химической (расплавленной) способами.

Научная новизна диссертации и сущность работы которой направлена на снижение количества теряемых количеств меди в обоих методах. В предыдущих разделах мы видим, что даже в минералогическом составе можно перевести желаемые металлы, такие как медь, золото и серебро, в штейновую фазу, если обратить внимание на влияющие факторы на образование свободных частиц.

Теоретически потери меди в первую очередь связаны с наличием металлической меди (свободной), сульфида ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ,  $\text{CuS}$ ,  $\text{CuFeS}_2$ ,  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ )

меди и оксида меди ( $\text{CuO}$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ) в расплавленном состоянии (отправляемого на отвал), а также механический. Сульфид меди встречается как в металлической форме, так и в нерасплавленном в мелкодисперсных сульфидах меди и железа. В обоих случаях переход меди в состава шлака зависит от многих факторов. Самым важным фактором является штейн состоит сульфидов меди, соединение меди сначала образует свою собственную фазу штейна из фазы жидкого расплава шлака (h-высота иногда 60-70 см). Потери меди в обеих ситуации после перехода через фазу шлака различаются в разных плавильных агрегатах различному. Потери меди во всех трех печах в научно изученных условиях Алмалыка следующими образами. В отражательной печи общее количество меди в фазе шлака составляет 0,73%, из которых 67% мед передается в механическим способом, а 28% мед переходит в шлак химической форме.



**Рис.3. Влияние температуры процесса на содержания меди в шлаках**

В печи КФП все наоборот: в механической форме медь переходит всего 21-22%, а в химический расплавленным виде- 72-75% в фазу шлака. На момент проведения научного исследования содержание меди в шлаке составляло 0,93%. В кислородно-факельной плавке основная причина этого заключается в том, что процесс плавления с кислородом начинает плавиться при высокой температуре (Т 1300-1350°C) во взвешенном состоянии и опускается на дно печи. В печи Ванюкова такая ситуация во многом связана

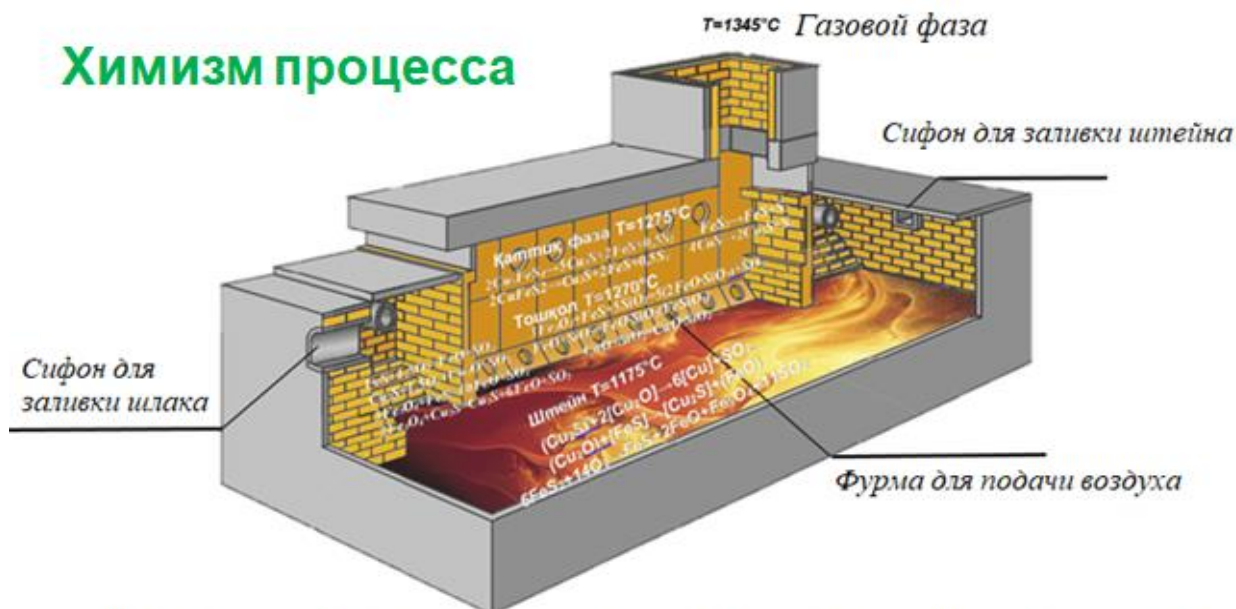


с увеличением содержания меди в штейне, если среднее содержание меди в штейне составляет 60%, переход меди в шлак в химической форме составляет 55-60%.

Суть диссертации - предотвратить потери меди без снижения среднего содержания меди в штейне. Если содержание меди в штейне поддерживалось на уровне 30-35%, содержание меди в шлаке не превышало 0,5-0,6%, что снизило бы потери меди в процессе от 73-75% до 25%-35%.

Осаждение очень мелких частиц в штейновую фазу является один из самых медленных процессов. Вот почему важно провести серьезные научные исследования по его ускорению. В системе фазы штейна-шлака-газа равновесное значение  $P_{S_2}$  определяется как  $a_{i3} = a_{i4}$  для переменной фазы.

Мелкозернистые сульфиды меди в шлаке содержат также золото, серебро, мелкозернистый палладий и платину. Чтобы они перешли в фазу штейна, необходимо повлиять на физико-механические свойства шлака. В первую очередь необходимо снизить вязкость шлака, уменьшить ее минимум до 22-25%, контролировать чтобы кремнезем не превышал 34-36%, также температура не превышала 1275°C.

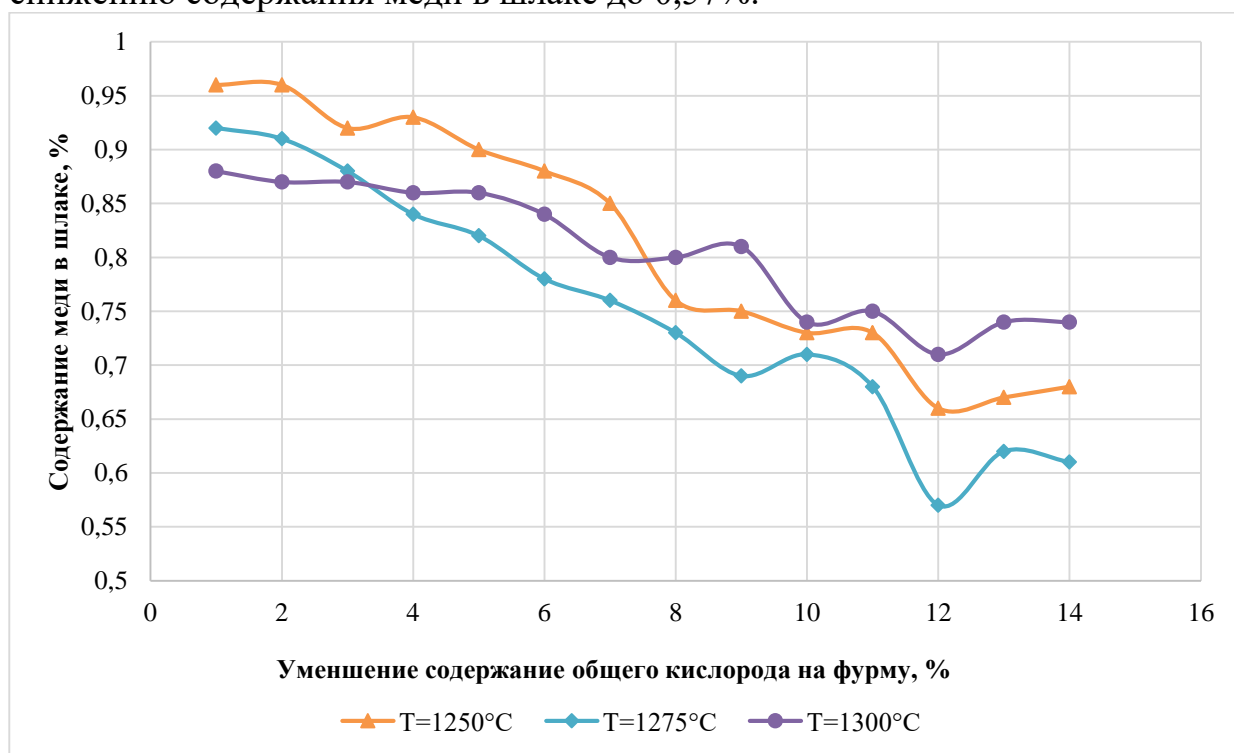


*Рис.4. Печь для плавления медного сырья, основные реакции разложения, образование фазы шлака и штейна внутри печи.*

Выбор правильной температуры улучшает проницаемость для шлаков, снижает вязкость при 1285-1310°C и начинает работать в очень жидком состоянии. Однако эксперименты показывают, что повышение температуры приводит к увеличению количества более мелких частиц штейна (0,5 - 1,0 мкм) в жидкой шлаке, увеличению пузырьков и химической потере меди. Следовательно, без повышения температуры  $T$  снижает парциальное давления  $P_{O_2}$  примерно на 1250-1270°C, что приводит к снижению скорости растворимости частиц меди и штейна в составе шлака.

При процесса расплавление меди в медеплавильной печи разделение расплава на шлако-штейновую фазу зависит от вязкости медных шлаков

образующихся в процессе. Основная цель производителя является снижения содержания меди в фазе шлака, которая является получением как можно более богатой штейн с медью, и как можно более низким содержанием меди в шлаке. Здесь возникает проблема, что чем богатый штейн по меди, тем больше металла попадает в шлак. По мере увеличения содержания меди в штейне увеличивается и количество меди в шлаке, в зависимости от температуры процесса плавания, количества подаваемого кислорода и вязкости образующихся соединений. Можно уменьшить вязкость образованных соединений, уменьшив количество кислорода, подаваемого в процесс, и были проведены эксперименты по уменьшению количества кислорода, подаваемого в медеплавильную печь, до 14%, чтобы проверить, как эта теория работает на практике. Снижение содержания кислорода до 12% при образовании шлака в трех различных температурах привело к снижению содержания меди в шлаке до 0,57%.



**Рис.5. Влияние снижения содержания кислорода на обеднение шлаков**

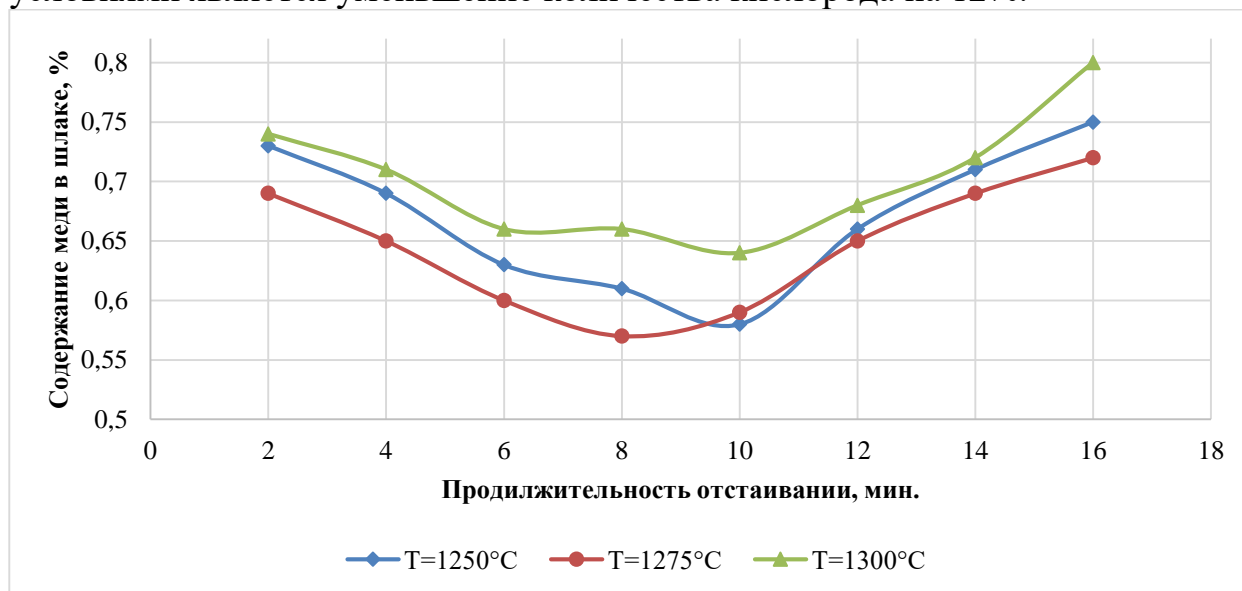
Во время процесса расплавления вязкость шлака увеличивается, когда образуются комплексные соединения диоксид кремния, которую приводит остывание частицы меди в фазу шлака прилипая к нему. Подача кислорода в процессе обеспечивает образование различных комплексных соединений кремнезем и кремнезем-кислородной. За счет снижения содержания кислорода мы достигаем снижения образования таких соединений и, в свою очередь, снижения вязкости шлака. Снижение количества кислорода на 12% подаваемого в процесс при температуре процесса  $T = 1275^{\circ}\text{C}$ , обеспечивает снижение содержания меди в шлаке до 0,57%. Согласно результатам экспериментов, проведенных при  $T = 1250^{\circ}\text{C}$  и  $T = 1300^{\circ}\text{C}$ , что фактически уменьшение количества кислорода на 12% дало наилучшие результаты. Однако причина, по которой максимальное значение не было зафиксировано



при этих температурах, заключалась в том, что неполное растворение мелких частиц меди при  $T = 1250^{\circ}\text{C}$  и относительно низкая подача кислорода при  $T=1300^{\circ}\text{C}$  приводили к увеличению комплексных соединений с высокотемпературной вязкостью.

В ходе экспериментов в качестве испытание изучалась роль отстаивании в образовании штейна-шлаковой фазы в процессе плавления. Согласно нормативам, после того, как продукт находился в печи в течение достаточного времени, небольшие частицы расплавленной меди, оставшиеся в составе шлака, конденсировались и выдерживались в печи в течение 2-16 минут для перехода в штейновую фазу. Процессы разделения также проводились при разном количестве кислорода и в разных временных режимах (Рисунки 5-6.).

На рисунке 5 показано изменение количества меди в шлаке при уменьшении количества кислорода, и было определено, что оптимальным условиями является уменьшение количества кислорода на 12%.



**Рис.6. Влияние продолжительности отстаивания на количество меди в шлаке при разных температурах (когда количество кислорода снижается на 12%)**

Рисунок 6 показывают, насколько можно снизить количество меди в шлаке, уменьшив количество кислорода подаваемого в печь на 12% и продолжительностью процесса отстаивания в течение 10-12 минут.

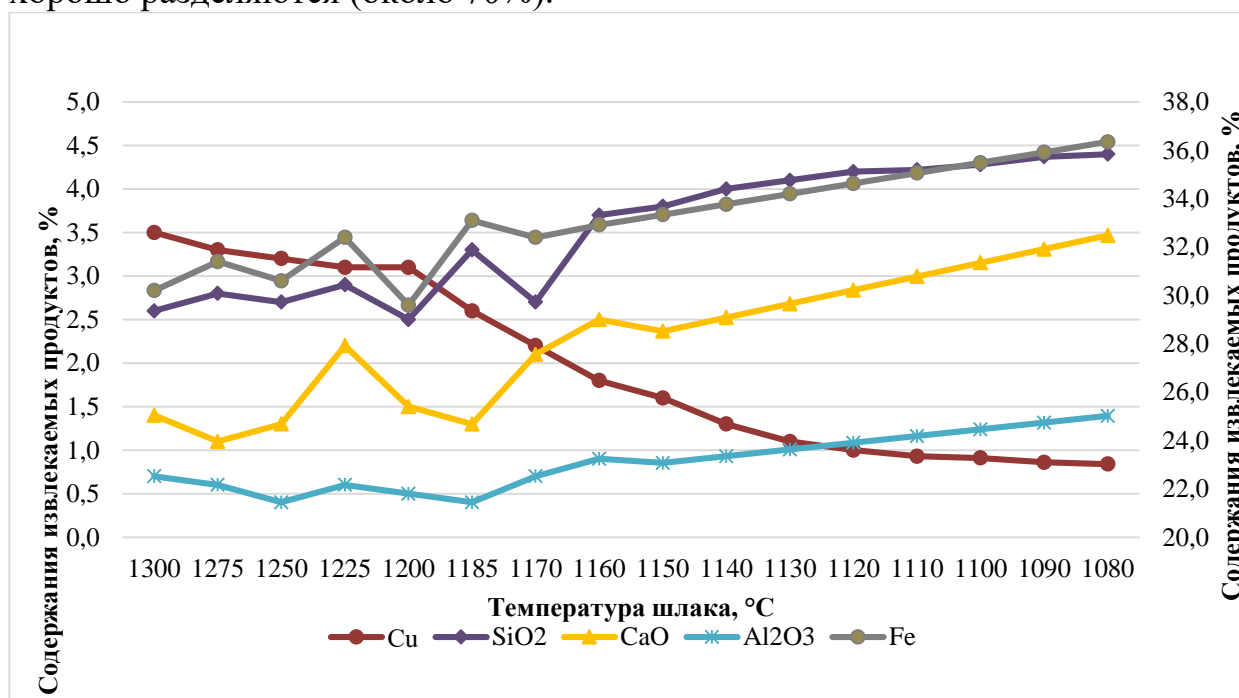
При этом за счет оптимального снижения содержания кислорода 10-12 минут отстаивания способствует максимальному снижению содержания меди в шлаке. По результатам экспериментов оптимальный показатель продолжительности отстаивания составил 10-12 минут, а максимальное снижение количества меди в шлаке может быть достигнуто, когда количество кислорода задано на 12% меньше сегодняшнего стандарта.

**В четвертой главе под названием «Снижение количества меди в шлаках печах Ванюкова и разработка эффективной технологии обработки шлаков вне печи» освещены результаты исследования и их**

изучение и установка оптимальных режимов обеднения меди и благородных металлов из фазы шлака, а также анализ результатов внедрения технологий обеднения шлаков внутри печи и внепечной обработка шлаков. Помимо изменения уровня штейна в печи, при переходе к насыщенному штейну изменяется ряд других важных параметров и показателей процесса, конечно, эти изменения необходимо правильно понимать и учитывать. Технологические расчеты производства меди - были выполнены с целью полного понимания возможных обрзовавшихся проблем, и изучению преимуществ и недостатков получения богатого штейна в печи Ванюкова АГМК.

Предлагаемая технология недорогая и не требует дополнительных плавильных печей. Целью исследования было отделение тяжелых частиц с плотностью  $\rho=4,5-6,5$  г/см<sup>3</sup> от легких частиц с плотностью менее 3,5 г/см<sup>2</sup> при гранулировании в потоке воды путем одновременного восстановления железа и меди в шлаке с водородом. При взаимодействии жидких шлаков с водой во время грануляции водород выделяется путем выпуска водяного пара с температурой 1000–1100°С.

Жидкий шлак - 100 кг. давление воды-1,2 Атм. Поз. 1,2,3,4 проводят при 1250-1275°С, шлак еще не очень вязкий, жидкая и легкая фракции хорошо разделяются (около 70%).

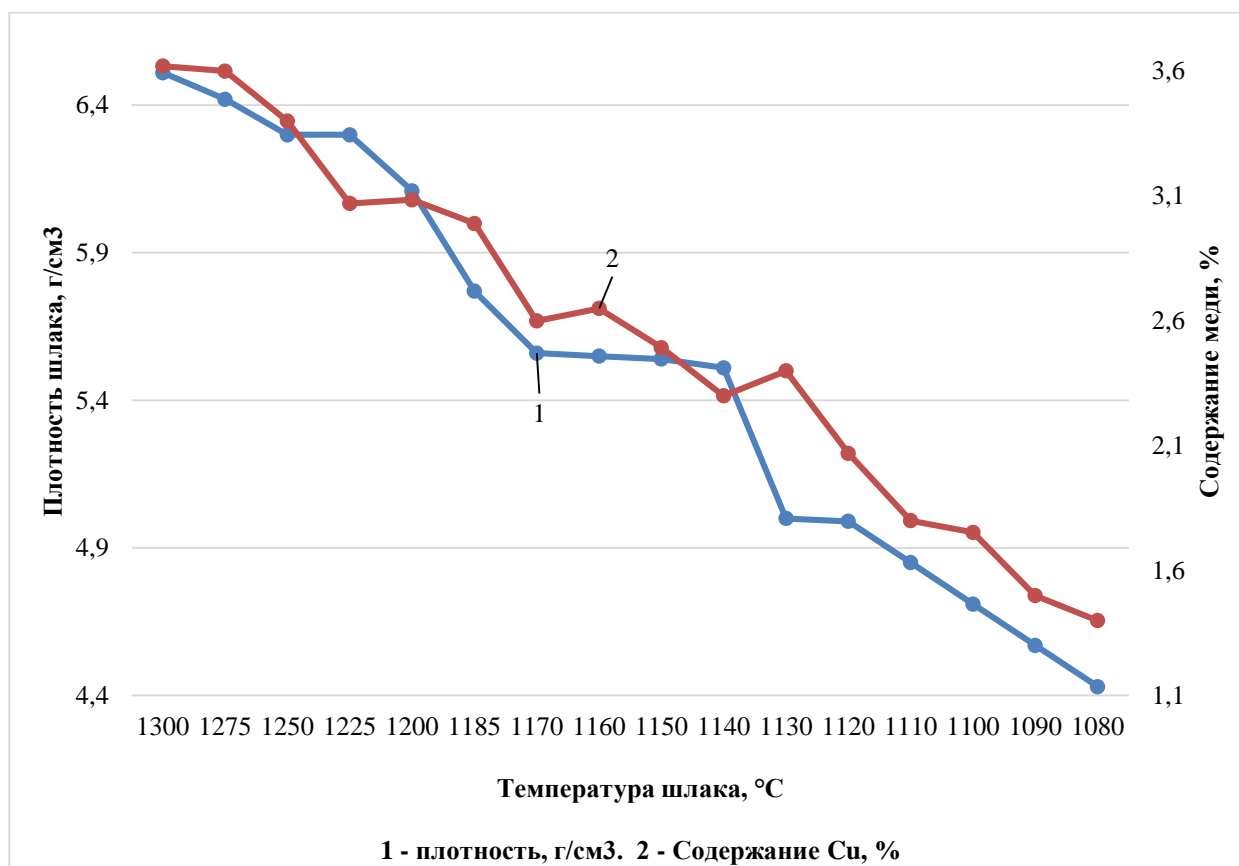


**Рис.7. Влияние температуры на фазовое разделение меди в процессе во взвешенной состоянии шлаков (тяжелой фракции)**

Содержание меди в тяжелых фракциях колеблется от 2,3% до 2,8% (исходное до 1,05%), кремний переходит в состав легкую фракцию его содержание составляет 85-90%. Следовательно, содержание ценных компонентов в тяжелой фракции увеличивается. Шлак уже вязкая и образует слабая струя. Разделение не очень эффективно. Переход SiO<sub>2</sub> в легкую фазу

снижается с 90% до 75-80%, а содержание меди снижается с 2,7% до 2,3%, а также параллельно увеличивается выход тяжелой фракции с 30,0% до 36,2%.

Разделение легкой фракции по массе происходит независимо от резкого изменения температуры из-за вязкости шлака, и при дроблении шлаков с классом состава +3 мм будет выход легкой фракции в пределах 70%. По мере увеличения температуры и уменьшения вязкости увеличивается выход легкой фракции и увеличивается количество меди в тяжелой фракции.



**Рис.8. Влияние температуры на плотности шлаков (тяжелой фракции) при процессе разделение жидких шлаков во взвешенном состоянии**

Таким образом, оптимальная температура обработка шлаков 1200-1250°C, давление воды не менее 24 Атм. Рассчитываются расход воды и скорость напора. Когда температура повышается до 1150°C и вязкость уменьшается, выход легкой фракции увеличивается, а количество меди в тяжелой фракции увеличивается.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выявленные петрографические и минералогические особенности свойств твердых шлаков, образующихся на МПЗ АО «Алмалыкского ГМК», минералогическая природа структуры металлов и структуры шлаков показывают, что строение слоев твердых пород является теоретической основой механизмов образования шлаков и штейновых фаз при плавлении.

2. Установлены факторы, влияющие на величины потерь меди со шлаками в виде сульфидных соединений - температура, количество меди в штейне и увеличения парциального давления кислорода и серы.

3. Выявлено, что выбор оптимальных факторов обеднения меди в образовавшем шлаке зависит от локализации меди в шлаке и от состава образующихся минералов.

4. Определены причины предотвращения химических потерь меди в жидкой фазе шлака и показано преимущество процесса обработки жидких шлаков во взвешенном состоянии печи, способствующие эффективному протеканию химических реакции при выбранных температурах в жидких расплавах.

5. Установлено необходимость поддержания температуры шлака после образования штейна и шлаковой фазы в расплаве внутри печи и снижения количества кислорода, подаваемого в зону шлака до 8-12%, с интервалами 7-10 минут.

6. Разработана технология по переработке жидких шлаков во взвешенном состоянии вне плавильной печи позволивший разделить тяжелую и легкую фракции частиц породы.

7. Установлены оптимальные параметры работы плавильной печи Ванюкова, в результате которого достигнуто снижение содержания меди в шлаке с 0,80-0,85% до 0,63%.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03 / 30.12.2019.K / T.03.01 ON AWARDING  
SCIENTIFIC DEGREES OF THE STATE UNITARY ENTERPRISE "FAN  
VA TARAKKIYOT" AT THE TASHKENT STATE TECHNICAL  
UNIVERSITY NAMED AFTER ISLAM KARIMOV**

---

**STATE UNITARY ENTERPRISE "FAN VA TARAKKIYOT" OF  
TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY  
NAMED AFTER ISLAM KARIMOV**

**KHASANOV ULUGBEK ABDURASHIDOVICH**

**DEVELOPMENT OF BASIC PARAMETERS FOR REDUCING LOSS OF  
COPPER WITH SLAGS IN COPPER FURNACES**

**05.02.01 – Materials science in mechanical engineering. Foundry. Heat treatment and  
metal pressure treatment. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals. Technology  
of rare, noble and radioactive elements"(technical sciences)**

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

**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 B2021.2. PhD/T1175**

The dissertation was completed at the State Unitary Enterprise "Fan va Tarakkiyot" of the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov.

The abstract of the thesis in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) is posted on the website of the Scientific Council ([www.gupft.uz](http://www.gupft.uz)) and on the information and educational portal "ZiyoNet" ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

**Scientific Consultant:** **Sharipov Hasan Turabovich**  
Doctor of Chemical Sciences, Professor

**Official opponents:** **Yakubov Mahmudjon Mahamadjonovich**  
doctor of technical sciences, Professor

**Kamolov Tursunboy Ochilovich**  
doctor of technical sciences, associate professor

**Leading organization:** **Tashkent chemical and technological institute**

The defense of the thesis will take place on "17" August 2021 at 11<sup>00</sup> at the meeting of the scientific council DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01 at the State Unitary Enterprise "Fan va tarakkiyot" of the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov. (Address: 100174, Tashkent, Mirzo Golib st. 7a tel .: (99871) 246-39-28; fax: (99871) 227-12-73; e-mail: [www.gupft.uz](http://www.gupft.uz)), in the building "Fan va tarakkiyot" SUE, 2nd floor, conference hall).

The dissertation can be viewed at the Information Resource Center of the State Unitary Enterprise "Fan va tarakkiyot" (registered number 20). (Address: 100174, Tashkent, Mirzo Golib str. 7a tel .: (99871) 246-39-28; fax: (99871) 227-12-73).

Abstract of dissertation sent out on «5» August 2021  
(mailing report No. \_\_\_\_\_ 2021)

**S.S. Negmatov**  
Chairman of the scientific council  
awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor

**M.E. Ikramova**  
Scientific secretary of the scientific council  
awarding scientific degrees,  
candidate of chemical sciences, s.r.a

**A.M. Eminov**  
Chairman of the academic seminar under the  
scientific council awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor

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 B2021.2. PhD/T1175

The dissertation was completed at the State Unitary Enterprise "Fan va Tarakkiyot" of the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov.

The abstract of the thesis in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) is posted on the website of the Scientific Council ([www.gupft.uz](http://www.gupft.uz)) and on the information and educational portal "ZiyoNet" ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

**Scientific Consultant:** **Sharipov Hasan Turabovich**  
Doctor of Chemical Sciences, Professor

**Official opponents:** **Yakubov Mahmudjon Mahamadjonovich**  
doctor of technical sciences, Professor

**Kamolev Tursunboy Ochilovich**  
doctor of technical sciences, associate professor

**Leading organization:** **Tashkent chemical and technological institute**

The defense of the thesis will take place on "17" August 2021 at 11<sup>00</sup> at the meeting of the scientific council DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01 at the State Unitary Enterprise "Fan va tarakkiyot" of the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov. (Address: 100174, Tashkent, Mirzo Golib st. 7a tel.: (99871) 246-39-28; fax: (99871) 227-12-73; e-mail: [www.gupft.uz](http://www.gupft.uz)), in the building "Fan va tarakkiyot" SUE, 2nd floor, conference hall).

The dissertation can be viewed at the Information Resource Center of the State Unitary Enterprise "Fan va tarakkiyot" (registered number 20). (Address: 100174, Tashkent, Mirzo Golib str. 7a tel.: (99871) 246-39-28; fax: (99871) 227-12-73).

Abstract of dissertation sent out on «5» August 2021  
(mailing report No. \_\_\_\_\_ 2021)



*[Signature]*  
**S.S. Negmatov**  
Chairman of the scientific council  
awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor

*[Signature]*  
**M.E. Ikramova**  
Scientific secretary of the scientific council  
awarding scientific degrees,  
candidate of chemical sciences, s.r.a

*[Signature]*  
**A.M. Eminov**  
Chairman of the academic seminar under the  
scientific council awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of research work** is to develop and substantiate the main parameters for reducing the loss of copper with slag in copper smelting furnaces.

**The objects of the research work** are solid and liquid slags of the copper plant of JSC «Almalyk Mining and Metallurgical Combine».

**Scientific novelty of the research work** is as follows:

optimal parameters for reducing the copper content in the slag composition have been developed on the basis of petrographic and mineralogical properties, solid slags of copper production;

the effect of temperature on the phase equilibrium system, which affects the parameters in the state of the melt to increase the amount of copper passing into the matte composition, has been determined;

revealed the optimal parameters for reducing the amount of oxygen partial pressure by 8-12% during the formation of slags in copper smelting furnaces to reduce the amount of copper by 0.63% and gold by 0.11 g/t in the composition of the slag;

a technology has been developed for the processing of liquid slags by out-of-furnace processing in a suspended state to obtain semi-finished products containing non-ferrous and noble metals.

**Implementation of the research results.** Based on the scientific results obtained on the development of the main parameters for reducing the loss of copper with slag in copper smelting furnaces:

the technology of slag depletion was developed and implemented and the optimal parameters of constant equilibrium of the slag-matte formation in the smelting units of the Almalyk Mining and Metallurgical Plant JSC were identified (certificate of the Almalyk Mining and Metallurgical Plant JSC dated July 8, 2021 No. AA-005890). As a result, it became possible to reduce the copper content in the slag from 0,80-0,85% to 0,63%, which led to an additional extraction of 2,2 tons of copper per day due to the transfer of copper from slag to matte.

after melting, the products are placed in a mixer at a temperature of 1150-1175° C for 25-30 minutes to reduce the amount of gold in slags from 0,17 g/t to 0,11 g/t due to slag precipitation a process with optimal parameters for copper depletion has been developed and precious metals and introduced on a pilot-industrial scale in the conditions of JSC "Almalyk Mining and Metallurgical Plant" (certificate of JSC "Almalyk Mining and Metallurgical Plant" dated July 8, 2021 No. AA-005890). As a result, it became possible to use the developed technology, in which an additional amount of gold was obtained during the transition from slag to matte, which is 60 g per day and an economic efficiency of 9,154 billion soums was obtained in year.

**The structure and volume of the thesis.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, references and annexes. The volume of the thesis is 121 pages.



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

**I бўлим (I часть, part I)**

1. Хасанов У.А. Абдукадиров А.А. // Переработка жидких шлаков медного производства в целях разделения ценных компонентов из шлаков медного производства // (ОАК раёсат қарори билан чет элда нашр этилган мақолага тенглаштирилган). // Международной научно-практической конференции «Современные проблемы и инновационные технологии решения вопросов переработки техногенных месторождений Алмалыкского ГМК». - Алмалык -2019 г., 114-117 с.

2. Исроилов О.Т., Хасанов У.А., Бекбутаев А.Н., Муталибхонов С.С. Обзор и исследование по растворимости меди в шлаках медеплавильного производства // Горный вестник Узбекистана, г. Навои. 2020г.-№2 (81) - С.60-63 (05.00.00; №7).

3. Хасанов У.А., Шарипов Х.Т., Хасанов А.С., Толибов Б.И., Хожиева Д.И. // Научное обоснование разделения ценных компонентов из жидкого шлака медного завода // Композицион материаллар. Ташкент, 2020 - №3. - С. 222-226 (05.00.00; №13)

4. Хасанов У.А. Ванюков печи тошқолидаги мис миқдорини камайтириш борасидаги илмий минерологик тадқиқотлар // Композицион материаллар. Ташкент, 2021 - №2. - С. 62-66 (05.00.00; №13).

5. Хасанов А.С., Мирзанова З.А., Хасанов У.А., Исроилов А.Т., Ташалиев И.У., Рахимжонов З.Б. Технология переработка техногенных отходов, содержащие цветные металлы // Композицион материаллар. Ташкент, 2021 - №2. - С. 43-48 (05.00.00; №13).

6. Каримов К.Р., Хасанов У.А., Каримова М.К., Чоршанбиев Ш.М. Металлар, машиналар ва механизмлар механикаси // Монография "Муҳаррир" нашриёти, Ташкент 2021 й., - 347 б.

**II бўлим (II часть, partII)**

7. Абдуллаев Д.Н., Хасанов У.А., Ким В.В., Разработка содово-щелочной технологии переработки молибден-рениевых материалов // «Фан ва техника тараккиётида ёшлар» маърузалар туплами, Навоий 2010-йил, 126 с.

8. Шеров К.С., Хасанов У.А., Абдукадыров А.А., Норматова Д.М., Исследование и разработка технологии обогащения клинкера цинкового производства // Материалы международной научно-технической конференции, Навоий, 2010 года, - 133 с.

9. Хасанов У.А., Атаханов А.С., Каримова Ш.К., Мисли тошқолни қайта ишлаш технологиясини яратиш // Материалы международной научно-технической конференции Навоий, 2010 года, - 151 с.

10. Хасанов У.А., Теплых П.А., Тошкодирова Р.Э., Каримова Ш.К., Разработка и исследование технологии сепарации клинкера // Материалы международной научно-технической конференции Навоий, 2010 года, - 138 с.

11. Абдуллаев Д.Н., Атаханов А.С., Хасанов У.А., Исследование по твердофазному восстановлению железа из рафинированных шлаков // Материалы республиканской научно-технической конференции, Навоий 2011 год, - 99 с.

12. Крахмаль К.А., Каримова Ш.К., Хасанов У.А., Хасанова С.М., История горного и металлургического дела в среднй азии в эпоху раннего палеометалла // Материалы республиканской научно-технической конференции, Навоий 2012 год, - С. 531-532.

13. Хасанов А.А., Хасанов У.А., Каримова Ш.К., Изучение вещественного состава шлаков МПЗ // Международная научно-техническая конференция, Навоий 2015 год, - 112 с.

14. Hasanov A.A., Abdukadirov A.A., Hasanov U.A., Processing of sludge copper industry // Proceedings of the international conference on integrated development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects, Navoi 2017 y, p. 52.

15. Хасанов У.А., Исроилов О.Т., Толибов Б.И. Исследование поверхностного свойства шлаковых расплавах // Маҳаллий журнал «Journal of Advances in Engineering Technology», Навоий -2020 г, Vol.1 (1) 2020, 57-60.

16. Хасанов У. А., Рахимжонов З. Б., Бекбутаев А. Н., Муталлибхонов С. С., Термодинамические факторы, влияющие на штейно-шлаковую систему // Материалы XXV Международной научно-технической конференции на тему “Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья”, проводимой в рамках XVIII Уральской горнопромышленной декады 02-11 апреля 2020 г., Екатеринбург, - 28 с.

17. Хасанов У.А., Толибов Б.И., Особенности грануляции шлаков жидкими охлаждающими агентами // “Учинчи ренессанс:илм-фан ва таълим тараққиёти истиқболлари” номли Республика илмий амалий конференцияси, Тошкент 2021й., январ, 23-24 б.

18. Хасанов У.А., Мирзанова З., Анализ теплообмена при грануляции шлаков // “Учинчи ренессанс:илм-фан ва таълим тараққиёти истиқболлари” номли Республика илмий амалий конференцияси, Тошкент 2021й., январ, 23-24 б.

Автореферат «Ўзбекистон кончилик хабарномаси» журналидан таҳрирдан  
ўтказилди.

Бичими: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» гарнитураси.  
Рақамли босма усулда босилди.  
Шартли босма табоғи: 3,25. Адади 100. Буюртма № 40/21.

Гувоҳнома № 851684.  
«Тирограф» МЧЖ босмаҳонасида чоп этилган.  
Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.