

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА
ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.28.02.2018.T.03.04 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

МАТКАРИМОВ СОҲИБЖОН ТУРДАЛИЕВИЧ

**ПЎЛАТ ЭРИТИШ ШЛАКЛАРИНИ ҚАЙТА ИШЛАШНИНГ
ЧИҚИНДИСИЗ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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

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

ТОШКЕНТ – 2019

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

Маткаримов Соhibжон Турдалиевич Пўлат эритиш шлакларини қайта ишлашнинг чиқиндисиз технологиясини ишлаб чиқиш.....	3
Маткаримов Соhibжон Турдалиевич Разработка безотходной технологии переработки сталеплавильных шлаков.....	21
Matkarimov Sokhibjon Turdaliyevich Development of the wasteless technology of processing of steel-smelting slags.....	39
Эълон қилинган ишлар рўйхати Список опубликованных работ List of published works	42

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА
ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.28.02.2018.Т.03.04 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

МАТКАРИМОВ СОҲИБЖОН ТУРДАЛИЕВИЧ

**ПЎЛАТ ЭРИТИШ ШЛАКЛАРИНИ ҚАЙТА ИШЛАШНИНГ
ЧИҚИНДИСИЗ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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

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

ТОШКЕНТ – 2019

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2018.2.PhD/Т722 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

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

Илмий раҳбар:

Юсупходжаев Анвар Абдуллаевич
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Абдуллаев Фатхулла Сагдуллаевич
техника фанлари доктори, профессор

Мамарахимов Хамза Мамаджанович
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

«Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖ

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ва Ўзбекистон Миллий университети ҳузуридаги DSc.28.02.2018.Т.03.04 рақамли Илмий кенгашнинг 2019 йил «4» июнь соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент шаҳар, Олмазор тумани, Университет кўчаси 2-уй. Тел/факс.: (99871) 277-10-32, e-mail: (tadqiqotchi@tdtu.uz).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (85 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент шаҳар, Олмазор тумани, Университет кўчаси 2-уй. Тел/факс.: (99871) 277-10-32).

Диссертация автореферати 2019 йил «21» май куни тарқатилди.
(2019 йил «21»майдаги №93 рақамли реестр баённомаси).

К.А. Каримов

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси,
техника фанлари доктори, профессор

Н.Д. Тураходжаев

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби,
техника фанлари доктори, профессор

Р.М. Михридинов

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 замонавий пўлат эритиш саноати натижасида ҳосил бўлган шлакларни комплекс қайта ишлаш, қимматбаҳо компонентларни ажратиб олиш ва ҳомашёдан самарали фойдаланиш даражаси алоҳида аҳамият касб этмоқда. Шу билан бирга пўлат эритиш шлаклардан темир ва унинг бирикмаларини ажратиб олиб, пўлат ишлаб чиқариш саноатига кўшимча ҳомашё яратиш ҳамда қолдиқ маҳсулотларни қурилиш саноатига тадбиқ этиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Бу борада ривожланган мамлакатлар, жумладан АҚШ, Англия, Германия, Испания, Россия, Туркия, Япония, Австралия, Канада, Хитой ва бошқа мамлакатларнинг илмий-тадқиқот марказларида пўлат эритиш шлакларини комплекс қайта ишлашга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда пўлат эритиш шлакларини чиқиндисиз технологиясини ишлаб чиқиш бўйича кенг кўламда илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан пўлат эритиш шлаклари таркибидан темир ва унинг бирикмаларини ажратиб олишда гравитацион усулни қўллаш, гравитацион усул билан бойитиш учун оптимал йириклик даражасини аниқлаш, олинган гравитацион бойитмани тикловчи муҳитда термик ишлов бериш учун рудаёқилғили окатишлар тайёрлаш, рудаёқилғили окатишларга термик ишлов бериш учун технологик кўрсаткичларни ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этмоқда. Шу билан бирга пўлат эритиш шлакларини қайта ишлашнинг чиқиндисиз технологиясини ишлаб чиқиш зарур ҳисобланади.

Республикамызда минерал ресурслардан комплекс фойдаланиш, пўлат эритиш шлакларини комплекс қайта ишлаш чора-тадбирлари амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...макроиқтисодий барқарорликни мустаҳкамлаш ва юқори иқтисодий ўсиш суръатларини сақлаб қолиш, миллий иқтисодиётнинг рақобатбардошлигини ошириш, ... иқтисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш»¹ вазифаси белгилаб берилган. Ушбу вазифаларни амалга ошириш, жумладан, мавжуд ҳомашё ресурсларидан оқилона фойдаланиш, пўлат эритишда камчиқиндилли технологияларни амалиётга тадбиқ этиш ҳамда пўлат эритиш шлакларини чиқиндисиз қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

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

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

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

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

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дунё олимлари томонидан пўлат эритиш шлакларидан темир ва унинг бирикмаларини ажратиб олиш технологиясини яратиш бўйича кўплаб тадқиқотлар олиб борилган. Дунёнинг етакчи олимлари, жумладан Ҳиндистон ва Япония тадқиқотчилари К. Tharani, L.C. Nehru, T. Sowmya, S.R. Sankarayanan ва К. Horii, Y. Kitano, N. Tsumtsum, T. Kato пўлат эритиш шлакларини қайта ишлаш технологиялари устида илмий-тадқиқот ишларини олиб борганлар. Бу тадқиқотлар натижасида пўлат эритиш шлакларни бирламчи қайта ишлаб, унинг таркибидан темир ва унинг бирикмаларини 15 % гача камайтиришга эришилган. Туркия олимлари O.S. Volukbashi ва B. Tufan пўлат эритиш шлакларини қайта ишлаб, ундан қурилиш материаллари ишлаб чиқиш технологиясини ишлаб чиқишган.

МДХ олимлари М.И. Панфилов, П.С. Харлашин, Б.Ф. Белов, А.И. Троцан, А.И. Зайцев ва А.М. Бигеевлар пўлат эритиш шлакларидаги темир ва унинг бирикмаларини углетермик усул билан тиклаш жараёнини ишлаб чиқишган. Ю.С. Юсфин, А.И. Гамей, Н.В. Наумкин, В.И. Тихонов, Е.И. Островлар томонидан қора металлургия саноатида темир бойитмаларини углерод таркибли тикловчилар ёрдамида тиклаб, металлалашган окатишлар олишга эришилган. Шунингдек, пўлат эритиш шлакларини қайта ишлашда ресурстежамкорлигини таъминлаш бўйича Ўзбекистонда илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ўзбек олимлари А.А. Юсупходжаев, С.Р. Худояров ва Х.Р. Валиевлар қора металлургия ҳосилаларини қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқишган. Тадқиқотчилар томонидан пўлат эритиш шлакларни қайта ишлаш мамлакатимиздаги каби жаҳоннинг бир қатор пўлат эритиш корхоналарида янчиш ва магнит сепарация усулида ажратиш технологиялари ишлаб чиқилган.

Пўлат эритиш шлакларини қайта ишлаш соҳасида кўплаб илмий натижаларга эришилишига қарамай, ҳали ечимини топмаган муаммолар кўп. Жумладан, пўлат эритиш шлакларини қайта ишлашнинг чиқиндисиз технологияси ишлаб чиқилмаган. Юқорида келтирилган муаммолар ечимини топиш учун пўлат эритиш шлакларини дастлабки янчиш, концентрацион столда гравитацион бойитиш ва гравитацион бойитмани тикловчи муҳитда термик ишлов бериш технологияси ишлаб чиқиш учун тадқиқотлар ўтказиш зарур.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети илмий-тадқиқот ишлари режасининг ИТД-13-10 «Разработка технологии извлечения железа и его соединений из утилизируемых сталеплавильных шлаков» (2012-2014 й.) мавзусидаги амалий лойиҳа ҳамда «Металлургия» кафедраси профессор-ўқитувчилари томонидан куннинг иккинчи ярмида бажариладиган «Разработка ресурсо-и энергосберегающих технологий переработки местных минеральных ресурсов и вторичных техногенных образований» мавзусидаги илмий-тадқиқот ишлари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади пўлат эритиш шлаklarини қайта ишлашнинг чиқиндисиз технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

пўлат эритиш шлаklarини қайта ишлашнинг мавжуд технологиялари ва хоссалари бўйича маълумотларни аналитик таҳлил қилиш;

«Ўзметкомбинат» АЖ пўлат эритиш шлаklarининг физик, кимёвий ва механик хоссаларини тадқиқ қилиш;

пўлат эритиш шлаklarини гравитацион бойитишга тайёрлаш усулларини такомиллаштириш;

пўлат эритиш шлаklarини гравитацион усулда бойитиш технологиясини ишлаб чиқиш;

гравитацион бойитма ва углерод таркибли тикловчилардан иборат рудаёқилғили окатишлар тайёрлаш жараёнларини тадқиқ этиш;

рудаёқилғили окатишларни тикловчи муҳитда термик ишлов бериш жараёнини тадқиқ этиш;

каттик фазали тиклаш жараёнининг оқиб ўтишида бирикма тузилишининг ўзгариши ва металлалашган темир ҳосил қилиш жараёнини ишлаб чиқиш;

пўлат эритиш шлаklarини қайта ишлашнинг чиқиндисиз технологияси бўйича аппаратлар занжир схемасини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида «Ўзметкомбинат» АЖнинг пўлат эритиш шлаklари, Ангрен кўнғир кўмири ва Фарғона нефтни қайта ишлаш заводи КПС-3 маркали кокси олинган.

Тадқиқотнинг предмети пўлат эритиш шлаklarидан темир ва унинг бирикмаларини гравитацион усулда ажратиб олиш, гравитацион бойитмаларни углерод таркибли тикловчиларни кўллаб рудаёқилғили окатишлар тайёрлаш ҳамда рудаёқилғили окатишларга термик ишлов бериш технологияларини ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида пўлат эритиш шлаklarини гравитацион усулда бойитиш ва рудаёқилғили окатишларга термик ишлов бериш технологияларни тадқиқ этишнинг замонавий назарий ва экспериментал усуллари, ИК-спектроскопия намуналарнинг бирикма хоссаларини ўрганиш, электрон микроскоп ёрдамида гравитацион бойитиш натижасида олинган бойитмаларнинг структуравий кўринишини аниқлаш

хамда гранулометрик таҳлил усулида олинган намунанинг йириклик даражасини аниқлаш усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

қора металлургия шлакларидан темир ва унинг бирикмаларини ажратиш олишда гравитацион усулдан фойдаланишнинг оптимал йириклик даражаси аниқланган;

пўлат эритиш шлакларидан концентрацион стол ёрдамида FeO , Fe_2O_3 , Fe ларни ажратиш олиш технологияси ишлаб чиқилган;

рудаёқилғили окатишларни тикловчи муҳитда термик ишлов бериш жараёнида кечадиган физик-кимёвий жараёнлар аниқланган;

рудаёқилғили окатишларни тикловчи муҳитда термик ишлов беришда Ангрэн кўнғир кўмирини қўллаш технологияси ишлаб чиқилган;

пўлат эритиш шлакларини қайта ишлаш давомида кечадиган механик, кимёвий ва физик-кимёвий жараёнларнинг технологик кўрсаткичлари аниқланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

пўлат эритиш шлакларидан темир ва унинг бирикмаларини ажратиш олишда концентрацион стол ёрдамида бойитиш технологияси ишлаб чиқилган;

гравитацион бойитма ҳамда углерод таркибли тикловчилар ёрдамида рудаёқилғили окатишлар тайёрлаш учун оптимал таркиб ишлаб чиқилган;

рудаёқилғили окатишларни тикловчи муҳитда термик ишлов бериш, 10 мм ва ундан йирик бўлган металлани темир олиш технологияси ишлаб чиқилган;

пўлат эритиш шлакларини қайта ишлашнинг чиқиндисиз технологияси учун технологик схема ва дастгоҳлар занжир схемаси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги аниқ қўйилган вазифа асосида олинган маҳсулотларнинг физик ва технологик хоссаларини ўрганишда замонавий ИК-спектроскопия, электрон микроскоп, рентгенография ва дифференциаль-термик таҳлил усуллари ёрдамида аниқланган натижалар билан таққослаш орқали изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундан иборатки, пўлат эритиш шлакларидан ажратиш олинган гравитацион бойитма ҳамда углерод таркибли тикловчилар асосида тайёрланган рудаёқилғили окатишни тиклаш жараёнида бирикмаларнинг ўзаро боғлиқлик механизмини аниқлаш ва металланиш даражасини керакли босқичга олиб чиқиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти пўлат эритиш шлакларини қайта ишлаш технологиясининг технологик схемаси ва дастгоҳлар занжир схемасини ишлаб чиқиш ёрдамида пўлат эритиш учун қўшимча хомашё олиш ҳамда қолдиқ маҳсулотларни қурилиш материаллари ишлаб чиқариш саноатига йўналтириш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Пўлат эритиш шлаklarини қайта ишлашнинг чиқиндисиз технологияси бўйича олинган илмий натижалар асосида:

пўлат эритиш шлаklarини гравитацион усулда бойитиш технологияси «Ўзметкомбинат» АЖ га жорий қилинган («Ўзметкомбинат» АЖ нинг 2019 йил 22 январдаги №01/03-02-02-40 сонли маълумотномаси). Натижада гравитацион усулда бойитиш учун пўлат эритиш шлаklarининг йириклик даражаси 0,1 мм гача бўлиши лозимлиги аниқланган;

пўлат эритиш шлаklarидан темир ва унинг бирикмаларини концентрацион стол ёрдамида ажратиб олиш технологияси «Ўзметкомбинат» АЖ га жорий қилинган («Ўзметкомбинат» АЖ нинг 2019 йил 22 январдаги №01/03-02-02-40 сонли маълумотномаси). Натижада пўлат эритиш шлаklarини концентрацион столда бойитиш билан FeO, Fe₂O₃, Fe ажратиб олиш кўрсаткичлари FeO+Fe₂O₃ - 63,0; Fe - 78,2 % га ошириш имкони яратилган;

рудаёқилғили окатишларни тикловчи муҳитда термик ишлов беришда Ангрен кўнғир кўмирини қўллаш технологияси «Ўзметкомбинат» АЖ га жорий қилинган («Ўзметкомбинат» АЖ нинг 2019 йил 22 январдаги № 01/03-02-02-40 сонли маълумотномаси). Натижада металлшган хомашё олишда маҳаллийлаштириш имкони яратилган;

пўлат эритиш шлаklarини қайта ишлашнинг технологик схемаси «Ўзметкомбинат» АЖ га жорий қилинган («Ўзметкомбинат» АЖ нинг 2019 йил 22 январдаги № 01/03-02-02-40 сонли маълумотномаси). Натижада ушбу технология комбинатга йилига 5 000 тонна металлшган темир ва 13 000 тонна темир оксидлари (FeO, Fe₂O₃) олишга эришилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертациянинг тадқиқот натижалари 11 та, жумладан 7 та халқаро ва 4 та республика илмий-амалий анжуманларида ва симпозиумларида муҳокамадан ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 18 та илмий иш чоп этилган. Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларида 7 та мақола, жумладан 3 таси Республика ва 4 таси хорижий журналларда нашр этилган.

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

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

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

Диссертациянинг «**Пўлат эритиш шлаklarини қайта ишлашнинг замонавий аҳволи ва истиқболи**» деб номланган биринчи бобида пўлат эритиш шлаklarини қайта ишлашнинг мавжуд технологиялари, шлак ҳосил бўлиш жараёнлари, шлакнинг физик-кимёвий хоссалар ҳамда шлаklarни қайта ишлашнинг замонавий аҳволи таҳлил қилинган.

Чет эл ҳамда республикаимиз олимларининг пўлат эритиш шлаklarидан темир ва унинг бирикмаларини гравитацион бойитиш усулида ажратиб олиш технологияси ҳамда олинган бойитмалардан тайёрланган рудаёқилғили окатышларга термик ишлов бериш жараёнлари бўйича олиб борган илмий тадқиқотлар ишлари таҳлил қилинган ва ўрганилган.

Ушбу диссертацияда келтирилган усуллар, яъни, пўлат эритиш шлаklarини комплекс қайта ишлашда пўлат эритиш шлаklarини дастлабки янчиш, концентрацион столда гравитацион бойитиш ҳамда гравитацион бойитмани тикловчи муҳитда термик ишлов бериш технологияси керакли даражада ўрганилмаганлиги аниқланди.

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

Тадқиқот объекти сифатида «Ўзметкомбинат» АЖ пўлат эритиш шлаки, Ангрен кўнғир кўмири ва ФНҚИЗ нефт кокси танланган. Пўлат эритиш шлакининг кимёвий таркиби 1-жадвалда келтирилган.

1 - жадвал

Пўлат эритиш шлакининг кимёвий таркиби

№	Бирикмалар									
	Fe _{мет}	FeO	Fe ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	MgO	P ₂ O ₅	Бошқа-лар
1.	4,6	1,8	17,3	26,2	20,8	6,3	4,8	14,2	1,9	2,1
2.	4,3	1,7	16,8	24,7	22,4	5,8	3,9	15,8	1,7	2,9
3.	3,9	1,9	17,4	23,2	19,8	6,9	4,2	16,4	1,6	4,7
4.	1,0	1,8	18,2	22,4	20,2	7,1	4,4	15,8	1,8	4,3
5.	4,5	1,6	17,9	24,2	22,4	6,8	3,8	16,2	1,7	0,9
Ўртача таркиб	4,26	1,76	17,90	24,14	21,12	6,58	4,22	15,68	1,74	2,6

Диссертациянинг «**Пўлат эритиш шлаklarидан темир ва унинг бирикмаларини ажратиб олиш жараёнининг тадқиқоти**» деб номланган учинчи боби пўлат эритиш шлаklarини гравитацион бойитиш жараёнига тайёрлаш усули, темир ва унинг бирикмаларини гравитацион усулда ажратиб олиш жараёни тадқиқоти, шлаklarнинг физик-механик хоссаларидан фойдаланиб улардан қимматбаҳо бирикмаларни ажратиб олишнинг асосий

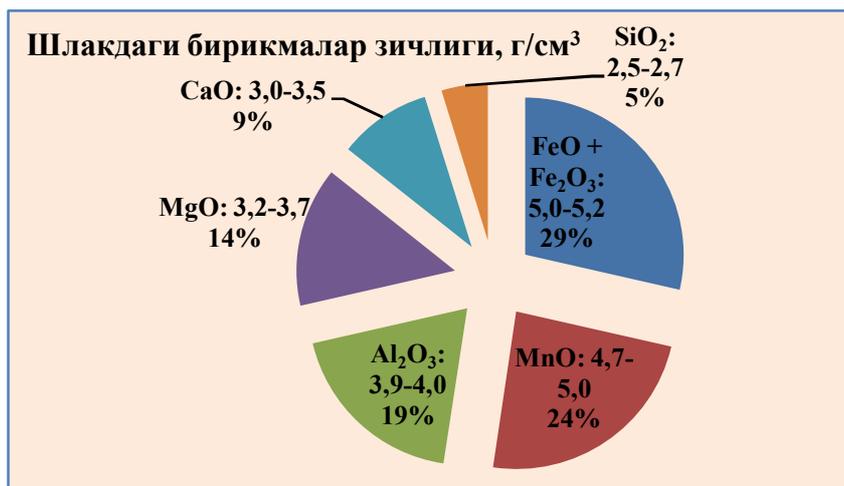
технологик параметрларини аниқлаш, гравитацион бойитманинг тикловчи муҳитда термик ишлов бериш ва рудаёқилғили окатишларга термик ишлов беришда оқиб ўтадиган физик-кимёвий жараёнлар тадқиқотларига бағишланган.

Гравитацион усулда бойитишнинг юқори самарада бориши учун пўлат эритиш шлаklarининг дастлабки кимёвий таркиби, физик ва физик-механик хоссалари ҳақида дастлабки маълумотларга эга бўлиш лозим. Гравитацион усулда бойитишда шлакнинг таркибига кирувчи минералларнинг зичлиги, фракцион ва гранулометрик кўрсаткичлари катта аҳамиятга эгадир.

Юқоридагиларни инобатга олиб, пўлат эритиш шлаklarидан қимматбаҳо бирикмаларини гравитацион усулда бойитишда ушбу кўрсаткичларнинг таъсири кўриб чиқилди.

Тадқиқотлар натижасида шлакнинг таркибига кирувчи бирикмаларнинг зичлиги 2,5 дан 5,2 г/см³ атрофида эканлиги аниқланди. Бирикмаларнинг зичлигидан келиб чиқиб, уларни оғир, ўртача ва енгил фракцияларга бўлиш мумкин.

Оғир фракцияли бирикмаларга зичлиги 4,0 г/см³ дан юқори бўлганлари, ўртачага 2,7 дан 4,0 г/см³ гача ҳамда енгил фракциялига 2,7 г/см³ дан паст бўлганлари кириши аниқланди (1-расм).



1 - расм. «Ўзметкомбинат» АЖ пўлат эритиш шлаки таркибидаги бирикмаларнинг фракцион таркиби

Пўлат эритиш шлаklarини гранулометрик таркибини аниқлашда курук ҳолатда элаш усулидан фойдаланилди. Гранулометрик таркибни аниқлаш учун элақлар тўплами, дақиқасига 140-150 маротаба тебранма ҳаракат қилувчи дастгоҳдан фойдаланилди.

Пўлат эритиш шлаklarининг кимёвий ва гранулометрик таҳлил натижаларини ўрганиб, шлак таркибидан темир ва унинг оксидли бирикмаларини ажратиб олишда қўлланиладиган гравитацион усулда бойитишнинг энг афзали концентрацион стол ёрдамида бойитиш танланди.

Гранулометрик таҳлил натижалари 2-жадвалда келтирилган.

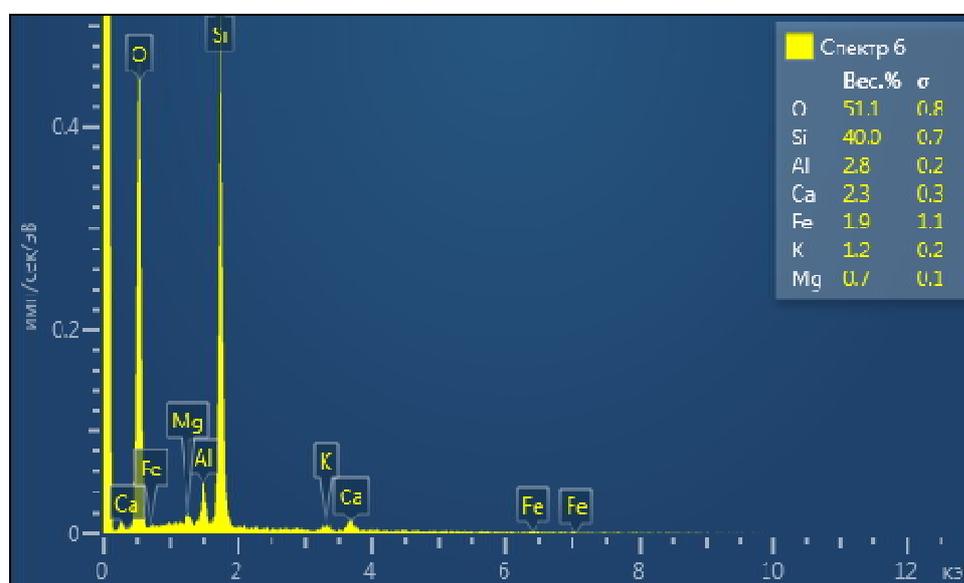
Дастлабки пўлат эритиш шлаklarининг гранулометрик таркиби

Синфи, мм	Оғирлиги, кг	Синф бўйича чиқиши, %	«+» бўйича умумий чиқиши, %
+3,0	0,859	17,18	17,18
-3,0+2,5	0,280	5,6	22,78
-2,5+2,0	0,320	6,4	29,18
-2,0+1,5	0,470	9,4	38,58
-1,5+1,2	0,243	4,86	43,44
-1,2	2,828	56,56	56,56
	5,0	100	100

Пўлат эритиш шлаklarини концентрацион столда гравитацион бойитиш натижасида олинган сифат миқдор таҳлили натижалари 3-жадвалда ва электрон-микроскоп орқали олинган сурати 2-расмда келтирилган.

Концентрацион стол ёрдамида бойитилган пўлат эритиш шлаklarининг ўртача сифат ва миқдор кўрсаткичлари

Маҳсулотлар	Чиқиши, %		Таркиби, %		Ажратиб чиқиши, %	
	кг	%	FeO+Fe ₂ O ₃	Fe	FeO+Fe ₂ O ₃	Fe
Дастлабки шлак	5,0	100	17,6	3,8	100	100
Бойитма I	1,46	29,3	37,9	10,2	63,0	78,2
Бойитма II	1,2	24,0	16,8	1,73	22,8	11,2
Чиқинди	2,34	46,7	5,3	0,9	14,2	10,6



2 - расм. Концентрацион столда бойитилиб олинган бойитманинг электрон-микроскопик сурати

Тадқиқотлар натижасида пўлат эритиш шлаklarини концентрацион столда бойитиб, қуйидаги таркибдаги бойитма олишга эришилди, %: бойитма 1 - FeO+Fe₂O₃ - 63,0; Fe - 78,2; бойитма 2 - FeO+Fe₂O₃ - 22,8; Fe - 11,2.

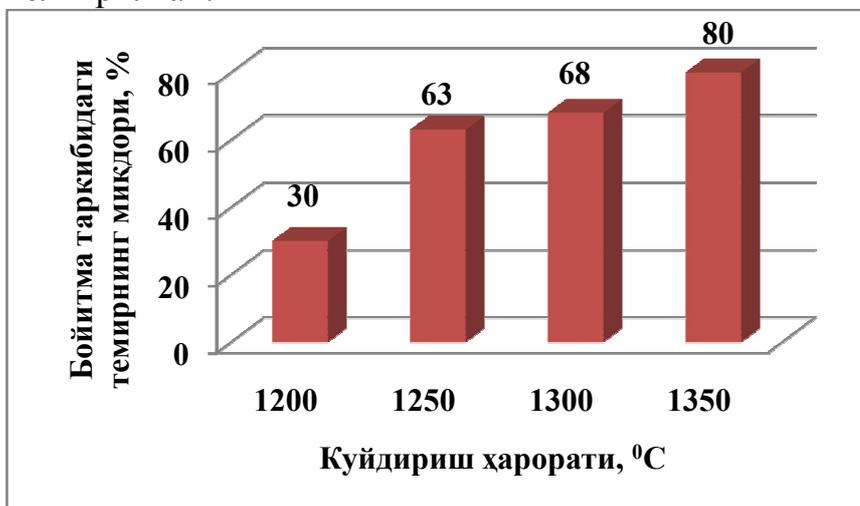
Олинган гравитацион бойитмани термик ишлов бериб, металлштириш учун темир бирикмаларини қаттиқ углерод билан тиклаш жараёни олдинга сурилди.

20% тикловчи (Ангрен кўнғир кўмири) кўшиб 10 мм диаметрда тайёрланган рудаёқилғили окатиш маҳсулотларини 0,8 кг ҳамда қуритиб олингандан сўнг 1,0-1,2 кг/окатиш кучланишда бузилишга чидамлиги аниқланди.

Тайёрланган рудоёқилғили окатишларни куйдиришда ҳароратнинг таъсирини турли технологик кўрсаткичлар билан тадқиқотлар олиб борилди.

Тадқиқотлар натижаси 3-5 расмларда келтирилган. Тадқиқотлар куйидаги кўрсаткичлар билан амалга оширилди: куйдириш давомийлиги – 60 дақиқа, окатиш диаметри – 10 мм, шихта таркиби 80% гравитацион бойитма ва 20% ёқилғи.

3-расмда куйдиришда темирнинг таркибини ўзгаришига ҳароратга боғлиқлиги келтирилган.



3 - расм. Бойитма таркибидаги темирнинг куйдириш жараёнида ҳароратнинг таъсири

3-расмдан кўриниб турибдики, ҳароратнинг ортиши бойитма таркибидаги темирнинг ошишига олиб келмоқда. Ушбу ҳолатни куйидагича изоҳлаш мумкин. Қаттиқ фазада кимёвий ва таркибий ўзгаришлар бориши учун атомлар аралашishi лозим ёки бошқа турли ҳолатлар бўлиши мумкин. Улардан бири нормал ҳолатда турган атомнинг ёнидаги бўш панжарага ўтишидир. Бўш панжара ҳар бир кристалларда турли ҳароратларда мавжуд бўлиб, абсолют ноль қийматда фарқланади. Ушбу ҳолатда борувчи атомлар диффузияси тезлиги атомлар аралашувининг энгиллиги ҳамда бўш панжаранинг миқдорига боғлиқ бўлади.

Атомларнинг қайси йўналишга ҳаракати шу нуқтадаги бўш панжарани унга қарама-қарши томонга ҳаракатлантиради. Шунинг учун бундай ҳолатни бўш панжаралар диффузияси деб номлаймиз.

Бундай ҳолатлардан бирини «эстафета» механизми деб қараб, атомларнинг бир жойдан бошқа жойга ҳаракатланиши, иккинчи жойда турган атомни яна бошқа жойга ўтиши билан изоҳланади.

Ушбу жараённинг боришида тизимдаги ҳақиқий механизм энергиянинг нисбий катталиги билан аниқланади. Жараённинг диффузияси эса, реакциянинг кимёвий ва қизиш тезлигига боғлиқ.

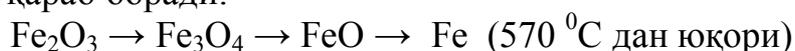
Ушбу энергия учун лозим бўладиган катталик жарённинг активлашув энергияси деб номланиб, қуйидаги ифода билан изоҳланади:

$$D = D_0 \exp(-E/RT)$$

бу ерда E – диффузиянинг активлашув энергияси.

Диффузиянинг активлашув энергияси катталиги ҳароратнинг ортиши билан ошиб боради, бу эса темир оксидининг тикланиш реакциясин тезлаштиради.

Темирнинг тикланиш жараёни Байков қонунига асосланиб, босқичма-босқич амалга ошади, яъни қуйида келтирилган схема бўйича юқори оксиддан пастга қараб боради:



ёки



Шунинг учун $\text{Fe} - \text{O}$ ҳолат диаграммаси бўйича ушбу жараёнда нафақат паст оксид таркибли металллар, балким қаттиқ эритмалар ҳам иштирок этади.

Темир оксидини қаттиқ углерод билан тиклаш жараёни қуйидаги реакция билан боради:



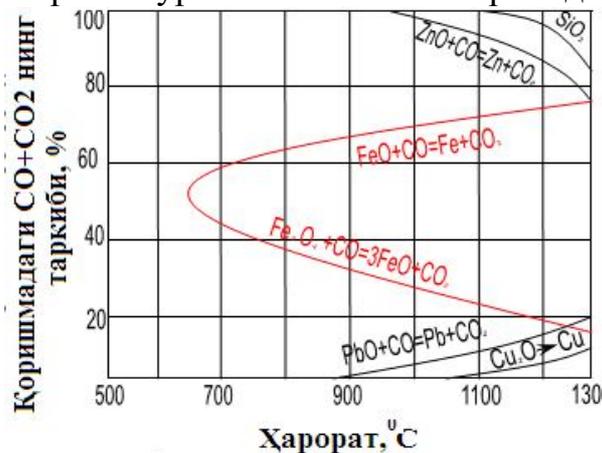
Оҳирги реакция учун:

$$\lg K_p = -7730/T + 7,84$$

Умумлашган манфий иссиқли эффеќти 4240 кДж/кг темирга тенгдир.

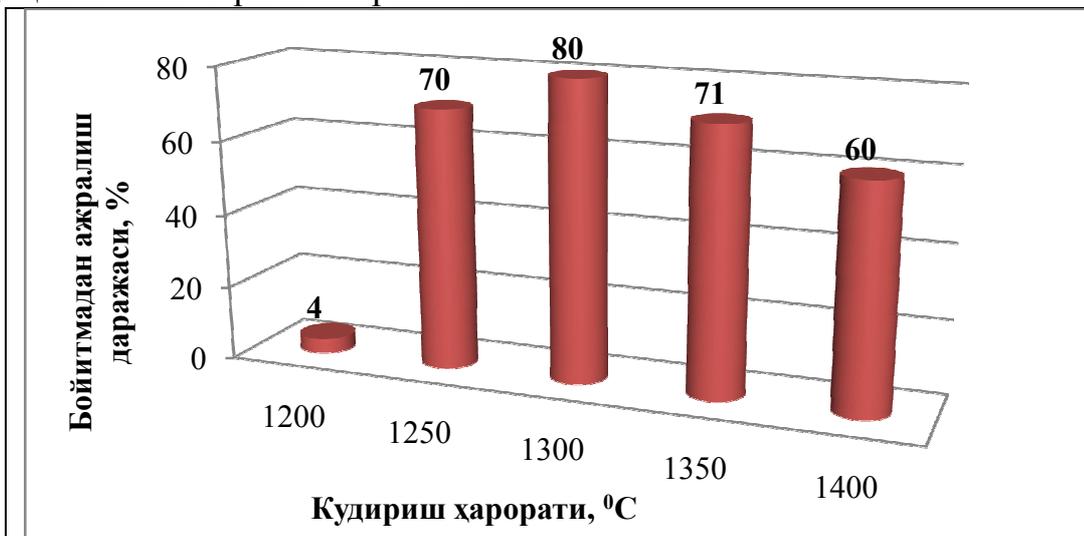
Ле-Шателье қонунига кўра кимёвий реакциянинг манфий иссиқлик эффеќти ҳароратнинг ортиши темирнинг тикланиш реакцияси тенлигини ўнгдан чапга ҳаракатлантиради, яъни, металл ҳосил бўлиш томонига.

Темир оксидининг тикланиш реакциясида ҳароратга боғлиқ ҳолатда газ фазасининг мувозанат таркиби ўрганилгани 4-расмда келтирилган.



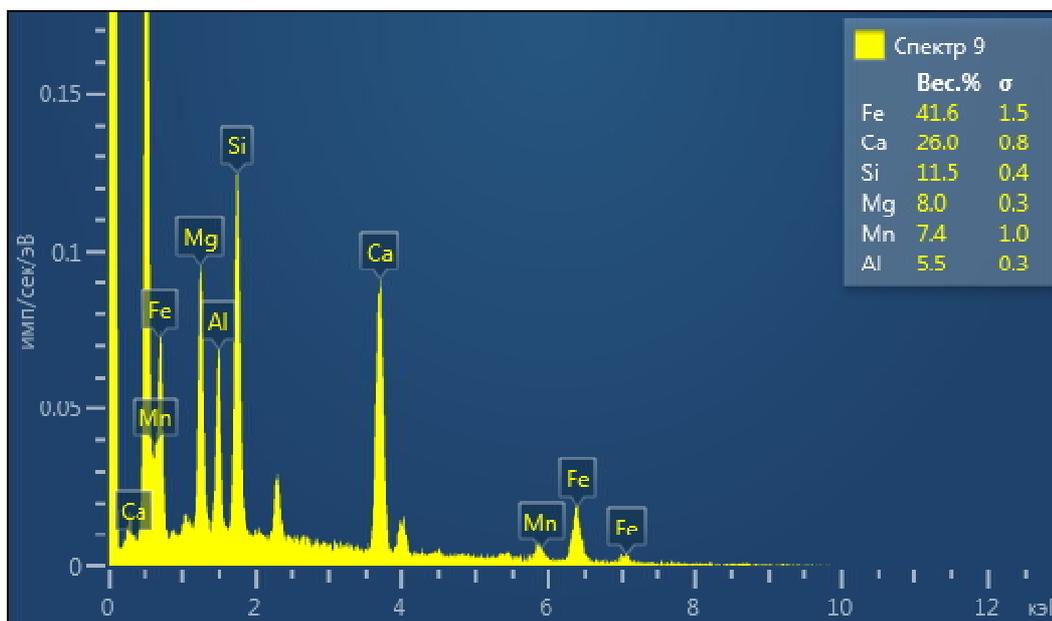
4 - расм. Темир оксидининг тикланишида ҳароратга боғлиқ ҳолда қоришмадаги CO ва CO_2 газларининг мувозанат таркиби

Тикланиш жараёнида яна бир асосий кўрсаткичлардан бири бойитма таркибидан асосий бирикмаларнинг ажратиб олиниш босқичидир. 5 ва 6 расмларда ушбу ҳолатнинг ҳарорат таъсирлаштирилиб олиб борилган тадқиқот натижалари келтирилган.



Куйдириш давомийлиги – 15 дақиқа, окатиш диаметри – 10 мм,
80% бойитма, 20% тикловчи

5 - расм. Бойитма таркибидан куйдириш орқали темирнинг ажралишига ҳароратнинг таъсири



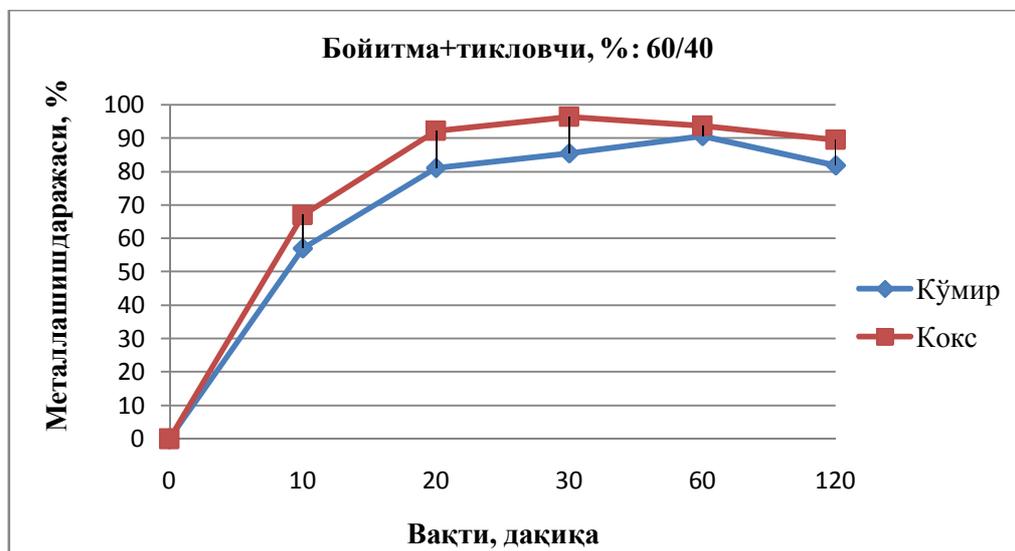
6 - расм. Гравитацион бойитмани тикловчи муҳитда термик ишлов берилгандан сўнг олинган наъмунанинг электрон микроскоп сурати

Ҳароратнинг ортиши бойитмадаги темирнинг ажралиш даражасини ортириши 5 ва 6-расмларда кўриниб турибди. Бундай юқори ҳароратда тикланиш жараёни шиддат билан боради, аммо металлашиш жараёни суст кечади. Шу сабабдан, рудаёқилғили окатишларни тикловчи муҳитда термик ишлов беришда қиздириб куйдириш металлашиш жараёни учун юқори самара беради. Бу кўрсаткич порали тайёрланган окатишлар учун

самаралидир. Шу сабабдан қиздириб термик ишлов беришда дисперс ёки гранула ҳолатдаги рудаёқилғили окатишлар қўлланилиш мумкин.

Рудаёқилғили окатишларни тайёрлашда оптимал тикловчи ва унинг миқдорини танлаш мақсадида Ангрэн қўнғир кўмири ва Фарғона нефтни қайта ишлаш заводи кокси қўлланилиб, тадқиқот олиб борилди.

Тадқиқот натижаларида 7-8-расмларда келтирилган.



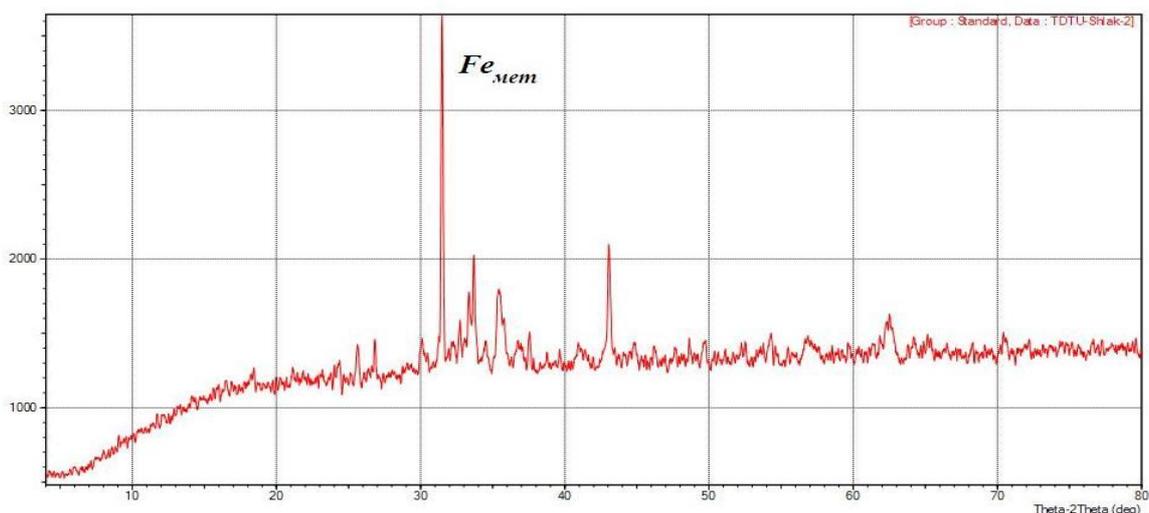
7 - расм. 1100⁰С ҳароратда темир оксидининг тикланиш даражаси

Тикловчи сифатида кўмир ишлатилганда металлашиш даражаси коксга нисбатан пастроқ натижани берганини 7-расмда кўриш мумкин. Тадқиқотнинг кейинги босқичларини ҳам таҳлил қилиб қуйидаги хулосаларга келинди: нефт коксининг нархи бугунги кунда тахминан тоннаси 4,4 млн сўмлиги, Ангрэн қўнғир кўмирининг нархи эса тахминан тоннаси 0,5 млн сўм эканлиги, нефть коксининг таркибида олтингугурт миқдорининг юқорилиги ҳамда пўлат эритиш учун олтингугурт миқдори кўп бўлган тикловчи ишлатилмаслигини инобатга олиб тикловчи сифатида Ангрэн қўнғир кўмири танланди. Танланган тикловчи билан тадқиқотлар давом эттирилди.

Бизнинг шароитимизда гравитацион бойитма таркибида темир оксидини углетермик тиклаб, металлашган темир ҳосил бўлиш ҳарорати 1000⁰С юқори эканлиги аниқланди. Ангрэн қўнғир кўмирини қўллаб тиклагандаги (60 дақиқа давомида) металлашиш даражасининг энг юқори кўрсаткичи яъни 87% 1100⁰С да эришилди. 1200⁰С да кўтарилганда эса 31,1% га тушиб кетди. 900⁰С дан паст ҳароратда металлашиш даражаси 7% дан ошмади.

Гравитацион бойитмани углетермик тиклашда оптимал ҳарорат 1100⁰С деб топилиб, тикланиш даражаси 87%ни окатишни металлашиши 80% ни ташкил этди.

Пўлат эритиш шлакини кўмир билан тиклангандан кейинги намунанинг дифрактограммаси 8-расмда келтирилган.



8 - расм. Пўлат эритиш шлакини кўмир билан тикланганлик дифрактограммаси

Дифрактограмма 2,541; 1,612; Å баландликда магнетитни, 2,7 Å баландлигида эса металлалашган темирни аниқлади.

Тадқиқотлар натижасида шу нарса аниқландики, темирнинг тикланиши пағонама-пағона бориб, 560⁰С дан юқори ҳароратда $Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow FeO \rightarrow Fe$ кетма-кетликда, 560⁰С дан паст ҳароратда эса магнетит металлалашган темиргача, вюстит эса $Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow Fe$ босқичларда тикланади. Юқоридагиларни инобатга олиб темир оксидининг оптимал тикланиш ҳарорати 1100⁰С эканлиги белгиланди.

Диссертациянинг «Пўлат эритиш шлакларидан темир ва унинг бирикмаларини ажратиб олишнинг технологиясини ишлаб чиқиш» деб номланган тўртинчи бобида пўлат эритиш шлакларини қайта ишлашнинг чиқиндисиз технологияси натижалари ишлаб чиқаришга тадбиқ этилганлиги ва апробациядан ўтганлиги ҳақида ёритилган.

Ишлаб чиқилган технология бўйича олиган гравитацион бойитмадан юқори темир таркибли (75-85%) металлалашган окатиш олиш имконини берди ҳамда $Fe_{мет} / Fe_{умум} \cdot 100$ металлалашу даражаси 80 – 95 % га эришилди. Ушбу олинган ҳомашё пўлат эритиш печлари учун тўлақонли маҳсулот вазифасини ўтади.

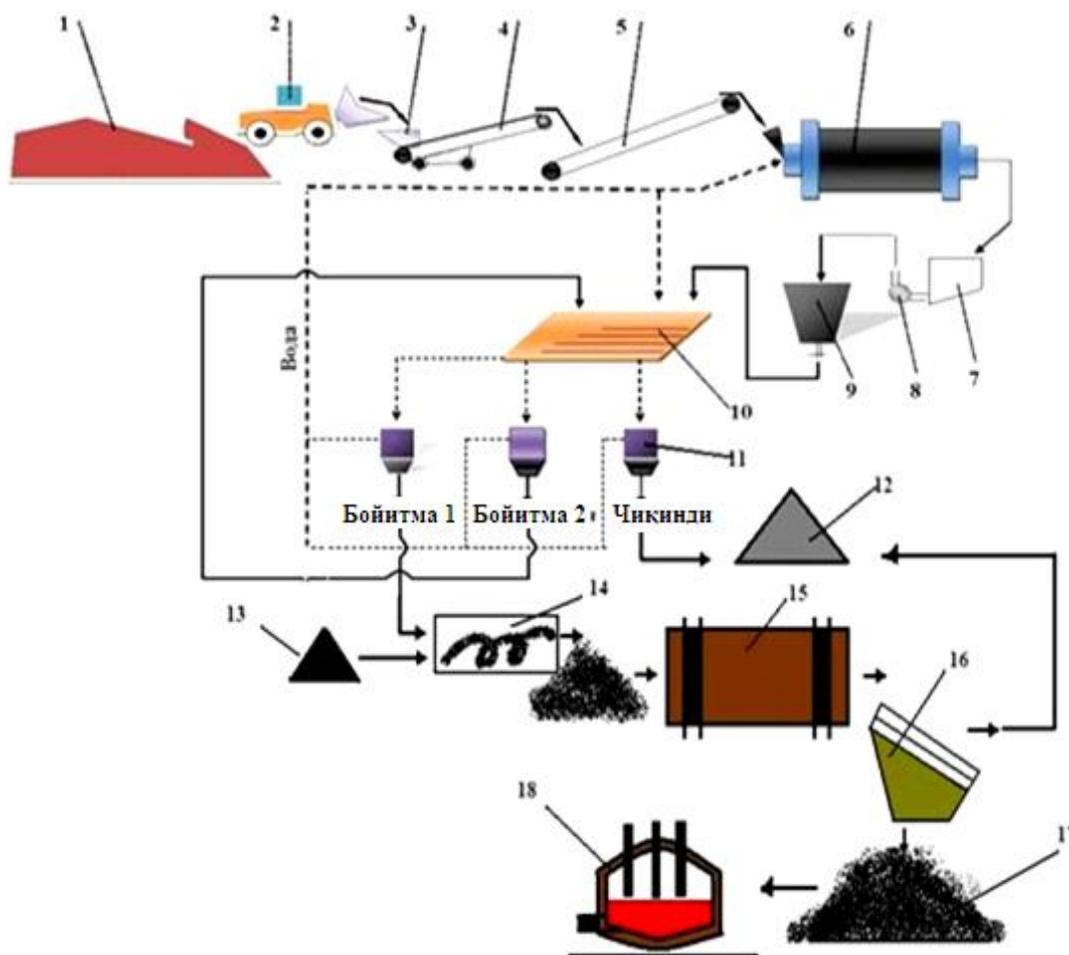
Ишлаб чиқилган технология «Ўзметкомбинат» АЖ га тадбиқ этилиб, йилига 150 минг тонна шлакни қайта ишлаш учун пўлат эритиш шлакларидан темир ва унинг бирикмаларини ажратиб олиш технологияси ишлаб чиқилди. Унга асосан, йилига 330 кун иш куни ҳисоблаб, кунлик 454 тонна ва соатлик 18,9 тонна шлакни қайта ишлаш механизми яратилди.

Таклиф этилган пўлат эритиш шлакларини қайта ишлашнинг чиқиндисиз усули комбинатга йилига 5 000 тонна металлалашган темир ва зарурият бўлганда пўлат эритишда қўлланиладиган темир оксидли бирикмалардан 13 000 тонна олиш имконини берди.

Пўлат эритиш шлакларини қайта ишлаш чиқиндисиз технологиясининг технологик схемаси ва аппараталар занжир схемаси ишлаб чиқилган, тўпланган шлакларни камайтириш ҳисобига экологик муаммони бартараф

этади, қўшимча иш жойи яратиш билан маълум даражада ижтимоий ҳолатни яхшилайти ҳамда корхонага йилига қўшимча 74 млн сўм иқтисодий фойда беради.

Таклиф этиладиган дастгоҳлар занжир схемаси 9-расмда келтирилган.



1-пўлат эритиш шлаки, 2- юкловчи, 3- шлакни қабул қилиш бункери, 4- пластинкасимон таъминлагич, 5- лентали конвейер, 6- МШЦ 18-30 маркали шарлитегирмон, 7- ЗУМПФ, 8- 5грТ маркали пульсли насос, 9- қабул қилувчи идиш, 10- СКМ-1А маркали концентрацион стол, 11- дезинтегратор, 12- қурилиш саноати учун йўналтириладиган чиқинди, 13- Ангренқўнғир кўмири, 14- аралаштиргич, 15- куйдирувчи печь, 16- элак, 17- металлшган окатиш, 18- Электр ёйли пўлат эритиш печи.
9 - расм. «Ўзметкомбинат» АЖ пўлат эритиш шлакларини қайта ишлашнинг принципиал технологик схемаси ва дастгоҳлар занжир схемаси

Ишлаб чиқилган пўлат эритиш шлакларидан темир ва унинг бирикмаларини ажратиб олишнинг технологияси бўйича тахминий ҳисоби келтирилди. Амалий маълумотлар бўйича “Ўзметкомбинат” АЖ да пўлат эритиш натижасида йилига 150-200 минг тонна $Fe_{\text{умум}}$ – 50-70%, $Fe_{\text{мет}}$ – 10-12% таркибли шлак чиқарилади.

Табиийки бунга асосан чиқариладиган $Fe_{\text{умум}}$ нинг миқдори $150\ 000 \cdot 0,5 = 75\ 000$ т/йилига ташкил этади.

$Fe_{мет}$ нинг миқдори эса $150\ 000 \cdot 0,1 = 15\ 000$ т/йилига.

Бугунги кунда «Ўзметкомбинат» АЖ да «Пўлат эритиш шлаklarини қайта ишлаш цехи» мавжуд бўлиб, у ерда магнит сепаратор ёрдамида металл қириндилар ажратиб олинади. Қайта ишланган шлак таркибида Fe_2O_3 ва FeO 15-25%, $Fe_{мет}$ эса 2-4% қолади.

1-жадвалда келтирилган пўлат эритиш шлаklarининг кимёвий таркибига асосланиб, шлакдаги Fe_2O_3 , FeO ва $Fe_{мет}$ миқдорларини аниқлаймиз:

$$Fe_{мет}: 150\ 000 \cdot 0,038 = 5\ 700 \text{ т/й};$$

$$Fe_2O_3 + FeO: 150\ 000 \cdot 0,176 = 26\ 400 \text{ т/й}.$$

Тадқиқот натижалари бўйича олинган маълумотларга асосланиб (3-жадвал) қайта ишланган пўлат эритиш шлаklarидан ажратиб олинган Fe_2O_3 , FeO и $Fe_{мет}$ миқдорини аниқладик.

$$\text{Бойитма 1: } 5\ 700 \cdot 0,782 = 4\ 457,4 \text{ т/й};$$

$$\text{Бойитма 2: } 5\ 700 \cdot 0,112 = 638,4 \text{ т/й}.$$

Жами ажратиб олинган $Fe_{мет}$:

$$4\ 457,4 + 638,4 = 5\ 095,8 \text{ т/й}.$$

Fe_2O_3 ва FeO нинг жами ажратиб олинган миқдори:

$$\text{Бойитма 1: } 26\ 400 \cdot 0,53 = 13\ 992 \text{ т/й};$$

Олиб борилган ҳисоб натижалари шуни бердики, ушбу усул комбинатга йилига 5 000 тонна металлашган темир ва зарурият бўлганда пўлат эритишда қўлланиладиган темир оксидли бирикмалардан 13 000 тонна олиш имконини яратади.

ХУЛОСА

«Пўлат эритиш шлаklarини қайта ишлашнинг чиқиндисиз технологиясини ишлаб чиқиш» мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Пўлат эритиш шлаklarини фракцион (гранулометрик) таркиби аниқланди:

$$+3 \text{ мм} - 7,18\%;$$

$$-3,0+2,5 \text{ мм} - 5,6\%;$$

$$-2,5+2,0 \text{ мм} - 6,4\%;$$

$$-2,0+1,5 \text{ мм} - 9,4\%;$$

$$-1,5+1,2 \text{ мм} - 4,86\%;$$

$$-1,2 \text{ мм} - 56,56\%.$$

Бу маълумотлар пўлат эритиш шлаklarини қайта ишлашда муҳим аҳамият касб этади.

2. Шлакдаги бирикмаларнинг фракциялар бўйича тақсимланиши, яъни: оғир фракциялар MnO -4,7-5,0 г/см³, $FeO + Fe_2O_3$ -5,0-5,2 г/см³; ўрта фракциялар Al_2O_3 - 3,9-4,0 г/см³; MgO - 3,2-3,7 г/см³; CaO - 3,0-3,5 г/см³ ва енгил фракциялар SiO_2 - 2,5-2,7 г/см³ эканлиги аниқланди. Бу натижалар

асосида пўлат эритиш шлакларидан темир ва унинг бирикмаларини ажратиб олишда гравитацион усулни қўллашда муҳим аҳамият касб этади.

3. Пўлат эритиш шлакларидан темир ва унинг бирикмалари ажратиб олишда энг оптимал янчилиш даражаси 0,1 мм синф эканлиги аниқланди. Олинган натижалар гравитацион бойитиш технологиясини ишлаб чиқиш имконини беради.

4. Пўлат эритиш шлакларидан гравитацион усулда бойитиб, максимал даражада FeO, Fe₂O₃, Fe ажратиб олишнинг оптимал усули аниқланди. Бу натижалар билан пўлат эритиш шлакларидан темир ва унинг бирикмаларини ажратиб олишнинг энг самарали усулини танлаш имконини беради.

5. Концентрацион столда бойитиб, FeO, Fe₂O₃, Fe ни ажралиш кўрсаткичи бўйича қуйидагилар аниқланди, %:

бойитма 1 - FeO+Fe₂O₃ - 63,0; Fe- 78,2;

бойитма 2 - FeO+Fe₂O₃ - 22,8; Fe- 11,2. Бу натижалар асосида рудаёқилғили окатишлар тайёрлаш технологиясини ишлаб чиқиш имконини беради.

6. Тикловчи сифатида Ангрен кўнғир кўмирини қўллаб рудаёқилғили окатишга термик ишлов берилганда металлашиш даражаси 90% га етказилиши аниқланди. Бу натижа пўлат ишлаб чиқариш саноатида маҳаллий хомашёлардан фойдаланиш имконини беради.

7. Пўлат эритиш шлакларини қайта ишлаш чиқиндисиз технологиясининг технологик схемаси ва аппараталар занжир схемаси ишлаб чиқилди. Олинган натижалар тўпланган шлакларни камайтириш ҳисобига кўшимча фойдали ер майдонларини кенгайтириш, янги иш жойи яратиш ҳамда маълум даражада ижтимоий ҳолатни яхшилаш учун хизмат қилади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc. 28.02.2018.Т.03.04
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ И
НАЦИОНАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ УЗБЕКИСТАНА**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**

МАТКАРИМОВ СОХИБЖОН ТУРДАЛИЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА БЕЗОТХОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ
СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ШЛАКОВ**

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

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

ТАШКЕНТ – 2019

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером В2018.2.PhD/Т722

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

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

Научный руководитель:	Юсупходжаев Анвар Абдуллаевич доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Абдуллаев Фатхулла Сагдуллаевич доктор технических наук, профессор Мамарахимов Хамза Мамаджанович кандидат технических наук, доцент
Ведущая организация:	АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат»

Защита диссертации состоится «4» июня 2019 г. в 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc. 28.02.2018.Т.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).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрирована за №85) (Адрес: 100095, г. Ташкент, Алмазарский район, ул. Университетская, 2. Тел./факс: (99871) 227-10-32).

Автореферат диссертации разослан «21» мая 2019 года.

(реестр протокол рассылки №93 от «21» мая 2019 года).

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

Н.Д. Тураходжаев
Учёный секретарь специализированного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, профессор

Р.М. Михридинов
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 мировой сталеплавиной промышленности, особое внимание уделяется комплексной переработке шлаков, образованных при применении современных сталеплавильных процессов, извлечению ценных компонентов и комплексному использованию сырья. Наряду с этим, извлечение железа и его соединений из сталеплавильных шлаков с целью создания дополнительной сырьевой базы для сталеплавиной промышленности, а также применения остатков производства в строительной промышленности, является одной из важнейших задач. В этой связи, в научных центрах таких развитых странах как США, Англия, Германия, Испания, Россия, Турция, Япония, Австралия, Канада, Китай и др. уделяется особое внимание комплексной переработке сталеплавильных шлаков.

В мире широко проводятся научно-исследовательские работы по разработке безотходной технологии сталеплавильных шлаков. В данном направлении, в частности в разработке технологических параметров для применения гравитационных методов при извлечении железа и его соединений из сталеплавильных шлаков, определении оптимального показателя крупности для гравитационного обогащения, приготовлении рудотопливных окатышей для термической обработки, полученных гравитационных концентратов в восстановительной среде, термической обработки рудотопливных окатышей, имеет важное значение. В связи с этим, разработка безотходной технологии переработки сталеплавильных шлаков, является очень важной.

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

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

технической базы в сфере сельскохозяйственного машиностроения», № ПП-3682 от 27 апреля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

Степень изученности проблемы. Учёными многих стран мира выполнено много исследований по разработке технологии извлечения железа и его соединений из сталеплавильных шлаков. Ведущие учёные мира, в частности исследователи из Индии и Японии, К. Tharani, L.C. Nehru, T. Sowmya, S.R. Sankarayanan и К. Horii, Y. Kitano, N. Tsumtsum, T. Kato, проводили научно-исследовательские работы над технологиями переработки сталеплавильных шлаков. В результате проведённых исследований, достигнуто снижение железа и его соединений до 15% при первичной переработке шлаков. Учёные из Турции O.S. Volukbashi и B. Tufan переработав сталеплавильные шлаки, разработали технологию производства строительных материалов из них.

Учёные из стран СНГ, М.И. Панфилов, П.С. Харлашин, Б.Ф. Белов, А.И. Троцан, А.И. Зайцев и А.М. Бигеев, разработали процесс углестермического восстановления железа и его соединений, содержащихся в сталеплавильных шлаках. В чёрной металлургии, со стороны Ю.С. Юсфина, А.И. Гамей, Н.В. Наумкина, В.И. Тихонова, Е.И. Острова, получены металлизированные окатыши, путём восстановления железных концентратов при помощи углеродсодержащих восстановителей. В Узбекистане, также проводятся научно-исследовательские работы по обеспечению ресурсосбережения при переработке сталеплавильных шлаков. Узбекские учёные А.А. Юсупходжаев, С.Р. Худояров и Х.Р. Валиев разработали технологию переработки образований чёрной металлургии. Со стороны исследователей разработаны технологии, включающие измельчение и магнитную сепрацию, подобно технологиям применяемым на сталеплавильных предприятиях мира.

Не смотря на множество имеющихся научных достижений в области переработки сталеплавильных шлаков, имеются много проблем не нашедших своего решения. В частности не разработана безотходная технология переработки сталеплавильных шлаков. Для определения решения проблем, приведённых выше и разработке технологии, необходимо проведение исследований по предварительному измельчению сталеплавильных шлаков, гравитационному обогащению на концентрационном столе и термической обработке гравитационного концентрата в восстановительной среде.

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

Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планами научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета в рамках прикладного проекта ИТД-13-10 «Разработка технологии извлечения железа и его соединений из утилизируемых сталеплавильных шлаков» (2012-2014 г.), а также НИР «Разработка ресурсо-и энергосберегающих технологий переработки местных минеральных ресурсов и вторичных техногенных образований».

Цель исследования является разработка безотходной технологии переработки сталеплавильных шлаков.

Задачи исследования:

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

исследование физических, химических и механических свойств сталеплавильных шлаков АО «Узметкомбинат»

усовершенствование методов подготовки сталеплавильных шлаков к гравитационному обогащению;

разработка технологии гравитационного обогащения сталеплавильных шлаков;

исследование процессов приготовления рудотопливных окатышей, состоящих из гравитационного концентрата и углеродсодержащих восстановителей;

исследование процесса термической обработки рудотопливных окатышей в восстановительной среде

исследование изменения структуры соединения при протекании твёрдофазного восстановления и процесса металлизации железа;

разработка схемы цепи аппаратов безотходной технологии переработки сталеплавильных шлаков.

Объект исследования. Объектами исследования диссертационной работы являются: сталеплавильные шлаки АО «Узметкомбинат», бурый уголь ангренского месторождения и нефтяной кокс марки КПС – 3.

Предмет исследования. Предметом исследования является установление возможности извлечения железа и его соединений из сталеплавильных шлаков методами гравитационного обогащения с последующей термической обработкой рудотопливных окатышей.

Методы исследования. В основу диссертационной работы положено изучение гравитационных методов обогащения сталеплавильных шлаков и термической обработкой рудотопливных окатышей. Исходя из этого, в работе использованы современные физико-механические, химические и физико-химические методы исследований (ИК-спектроскопия, электронная микроскопия, гранулометрический анализ).

Научная новизна исследования заключается в следующем:

определён оптимальный показатель крупности сталеплавильных шлаков для извлечения железа и его соединений из шлаков чёрной металлургии методом гравитационного обогащения;

разработана технология извлечения FeO , Fe_2O_3 , Fe из сталеплавильных шлаков при помощи концентрационного стола;

определены физико-химические процессы, протекающие при термической обработке рудотопливных окатышей в восстановительной среде;

разработана технология применения бурого Ангренского угля в качестве восстановителя, при термической обработке рудотопливных окатышей в восстановительной среде;

определены технологические показатели механических, химических и физико-химических процессов, протекающих при переработке сталеплавильных шлаков.

Практические результаты исследования:

для извлечения железа и его соединений из сталеплавильных шлаков, разработана технология обогащения на концентрационном столе;

разработан оптимальный состав рудотопливных окатышей, состоящих из гравитационного концентрата и углеродсодержащих восстановителей;

разработана технология получения металлизированного железа размером 10 мм и более, при термической обработки рудотопливных окатышей в восстановительной среде;

разработана технологическая схема и схема цепи аппаратов безотходной технологии переработки сталеплавильных шлаков.

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

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в определении механизма взаимодействия компонентов рудотопливных окатышей, состоящих из гравитационного концентрата, полученного из сталеплавильных шлаков и углеродсодержащих материалов и достижения необходимой степени металлизации.

Практическая значимость результатов исследования определяется разработкой технологической схемы и схемы цепи аппаратов технологии переработки сталеплавильных шлаков, позволяющих получить дополнительное количество сырья для выплавки стали, а также применения остатков производства в строительной промышленности.

Внедрение результатов исследования.

На основании полученных результатов по разработке безотходной технологии переработки сталеплавильных шлаков достигнуто следующее:

технология гравитационного обогащения сталеплавильных шлаков внедрена в АО «Узметкомбинат» (справка № 01/03-02-02-40 АО

“Узметкомбинат” от 22 января 2019 года). При внедрении установлена необходимость измельчения сталеплавильных шлаков перед гравитационным обогащением до класса 0,1 мм;

технология извлечения железа и его соединений из сталеплавильных шлаков на концентрационном столе внедрена в АО «Узметкомбинат» (справка № 01/03-02-02-40 АО “Узметкомбинат” от 22 января 2019 года). При внедрении определены показатели извлечения FeO, Fe₂O₃, Fe при обогащении сталеплавильных шлаков на концентрационном столе: концентрат 1 - FeO+Fe₂O₃ - 63,0; Fe - 78,2; концентрат 2 - FeO+Fe₂O₃ - 22,8; Fe - 11,2;

технология применения бурого угля Ангренского месторождения в качестве восстановителя при термической обработке рудотопливных окатышей внедрена в АО «Узметкомбинат» (справка № 01/03-02-02-40 АО “Узметкомбинат” от 22 января 2019 года). Внедрение позволило получить металлизированные продукты, используемые для выплавки стали;

технологическая схема переработки сталеплавильных шлаков внедрена в АО «Узметкомбинат» (справка № 01/03-02-02-40 АО “Узметкомбинат” от 22 января 2019 года). Это позволило комбинату в год дополнительно получить 5000 т металлического железа и 13000 т оксидов железа (FeO, Fe₂O₃).

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и получили одобрение на 7 международных и 4 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликованы 17 научных работ. Из них 3 статьи в республиканских и 4- в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов.

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

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

В первой главе диссертации «**Современное состояние и перспективы переработки сталеплавильных шлаков**» проведен обзор работ, посвященных исследованиям существующим технологиям переработки сталеплавильных шлаков, процессов шлакообразования, физико-химических

свойствах шлака, а также, современное состояние проблем по их утилизацию.

Изучены и проанализированы проведенные исследовательские работы зарубежных и республиканских ученых в области технологии извлечения железа и его соединений из сталеплавильных шлаков методами гравитационного обогащения с последующей термической обработкой рудотопливных окатышей.

Доказана, что проблема комплексной переработки сталеплавильных шлаков, путём предварительного измельчения шлаков, гравитационного обогащения на концентрационных столах с получением концентрата, термической обработки гравитационных концентратов в восстановительной среде, которая решается в диссертационной работе изучена не в достаточной степени.

Во второй главе диссертации «**Методика внедрения безотходной технологии переработки сталеплавильных шлаков и выбор объектов исследования**» приведены выбор объекта исследования, основные физический и химический свойства используемых материалов, а также представлены сведения по использованию современных физико-механических, химических и физико-химических методов и аппаратуры для исследования свойств материалов (ИК-спектроскопия, электронная микроскопия, гранулометрический анализ).

В качестве объекта исследований были выбраны сталеплавильные шлаки АО «Узметкомбинат», уголь Ангреновского месторождения и нефтяной кокс ФНПЗ. Состав сталеплавильных шлаков представлен в таб. 1.

Таблица 1.

Химический состав сталеплавильных шлаков

№	Компоненты									
	Fe _{мет}	FeO	Fe ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	MgO	P ₂ O ₅	Прочие
1.	4,6	1,8	17,3	26,2	20,8	6,3	4,8	14,2	1,9	2,1
2.	4,3	1,7	16,8	24,7	22,4	5,8	3,9	15,8	1,7	2,9
3.	3,9	1,9	17,4	23,2	19,8	6,9	4,2	16,4	1,6	4,7
4.	1,0	1,8	18,2	22,4	20,2	7,1	4,4	15,8	1,8	4,3
5.	4,5	1,6	17,9	24,2	22,4	6,8	3,8	16,2	1,7	0,9
Средний состав	4,26	1,76	17,90	24,14	21,12	6,58	4,22	15,68	1,74	2,6

В третьей главе диссертации «**Исследование процессов выделения железа и его оксидных соединений из сталеплавильных шлаков**» посвящена результатам исследований: методы подготовки сталеплавильных шлаков к гравитационному обогащению, исследованию процессов выделения железа и его оксидного соединения методом гравитационного обогащения, определению основных технологических параметров выделения ценных компонентов используя их физико-механические свойства, исследованию процессов термической обработки гравитационных концентратов в восстановительной среде и физико-химических процессов, протекающих при термической обработке рудотопливных окатышей.

Для эффективного применения гравитационных методов для разделения компонентов сталеплавильных шлаков, необходимо иметь предварительные данные о химическом составе, физических и физико-механических свойствах перерабатываемых шлаков. Также при гравитационном обогащении большое значение имеют такие показатели, как плотность, фракционный и гранулометрический состав минералов входящих в состав шлаков. С учётом этого рассмотрели подробнее влияние этих параметров на показатели гравитационного отделения ценных компонентов из сталеплавильных шлаков.

Проведенные исследования показали, плотность компонентов, входящих в состав шлака, колеблется от 2,5 до 5,2 г/см³. В зависимости от плотности компонентов их можно разделить на следующие фракции: тяжелая, средняя и легкая фракции.

К тяжелой фракции относятся компоненты шлака плотностью больше 4,0 г/см³, к средней фракции от 2,7 до 4,0 г/см³ и к легкой - плотностью менее 2,7 г/см³ (рис. 1.).

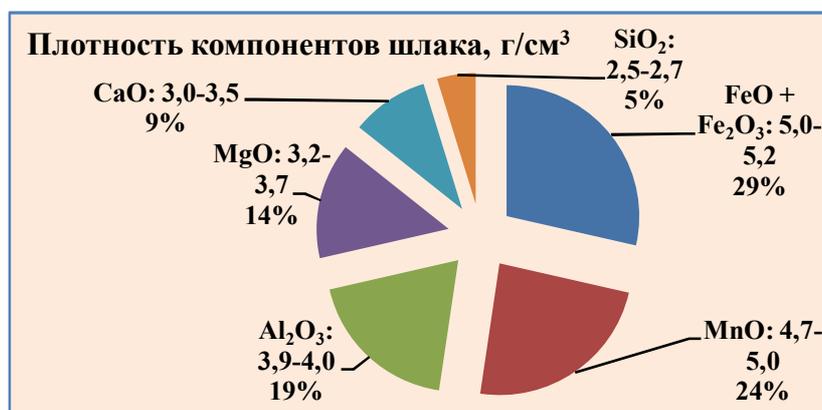


Рис. 1. Фракционный анализ сталеплавильных шлаков АО «Узметкомбинат»

Гранулометрический состав сталеплавильного шлака определяли способом сухого отсева. Для определения гранулометрического состава применяли набор сит, аппарат для встряхивания сит, делающий 140-150 ходов в минуту.

Результаты гранулометрического анализа приведены в табл. 2.

Таблица 2

Гранулометрический состав исходных сталеплавильных шлаков

Класс, мм	Масса, кг	Выход по классам, %	Суммарный выход по «+», %
+3,0	0,859	17,18	17,18
-3,0+2,5	0,280	5,6	22,78
-2,5+2,0	0,320	6,4	29,18
-2,0+1,5	0,470	9,4	38,58
-1,5+1,2	0,243	4,86	43,44
-1,2	2,828	56,56	56,56
	5,0	100	100

В результате изучения гранулометрического и химического состав сталеплавильных шлаков, установлено, что оптимальным методом,

максимальное извлечение FeO, Fe₂O₃, Fe в отдельный продукт, является гравитационный метод обогащения сталеплавильных шлаков на концентрационном столе.

Качественно-количественные показатели гравитационного обогащения измельчённых сталеплавильных шлаков на концентрационном столе приведены в табл. 3.

Таблица 3

Средние значения качественно - количественных показателей разделения ценных компонентов сталеплавильного шлака на концентрационном столе

Продукты	Выход, %		Содержание, %		Извлечение, %	
	кг	%	FeO+Fe ₂ O ₃	Fe	FeO+Fe ₂ O ₃	Fe
Исходный шлак	5,0	100	17,6	3,8	100	100
Концентрат I	1,46	29,3	37,9	10,2	63,0	78,2
Концентрат II	1,2	24,0	16,8	1,73	22,8	11,2
Хвосты	2,34	46,7	5,3	0,9	14,2	10,6

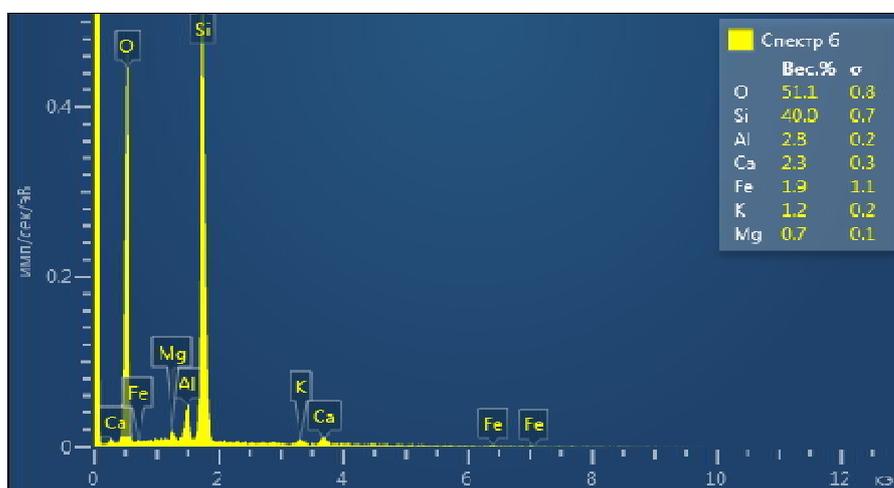


Рис.2. Электронно-микроскопический снимок концентрата после обогащения на концентрационном столе

По результатам проведённых исследований выявлено, что при обогащении сталеплавильных шлаков на концентрационном столе извлечение ценных компонентов составляет, %: концентрат 1 - FeO+Fe₂O₃ - 63,0; Fe – 78,2; концентрат 2 - FeO+Fe₂O₃ - 22,8; Fe – 11,2.

Для металлизации полученного продукта подвергалось термической обработке где соединений железа было восстановлена твердым углеродом.

Сырые рудотопливных окатыши с 20% топлива (порошок ангреноского угля) диаметром 10 мм выдерживали до разрушения нагрузки 0,8 кг, а после сушки 1,0-1,2 кг/окатыш.

Нами были проведены исследования по определению влияния температуры обжига на некоторые технологические показатели процесса обогащения рудотопливных окатышей. Результаты исследований приведены на рис. 3 – 5. Эксперименты проводили при следующих условиях: время

обжига – 60 минут, диаметр окатыша – 10 мм, состав шихты 80% гравитационного концентрата и 20% топлива.

На рис.3 представлены изменения содержания железа в концентрате в зависимости от температуры обжига.

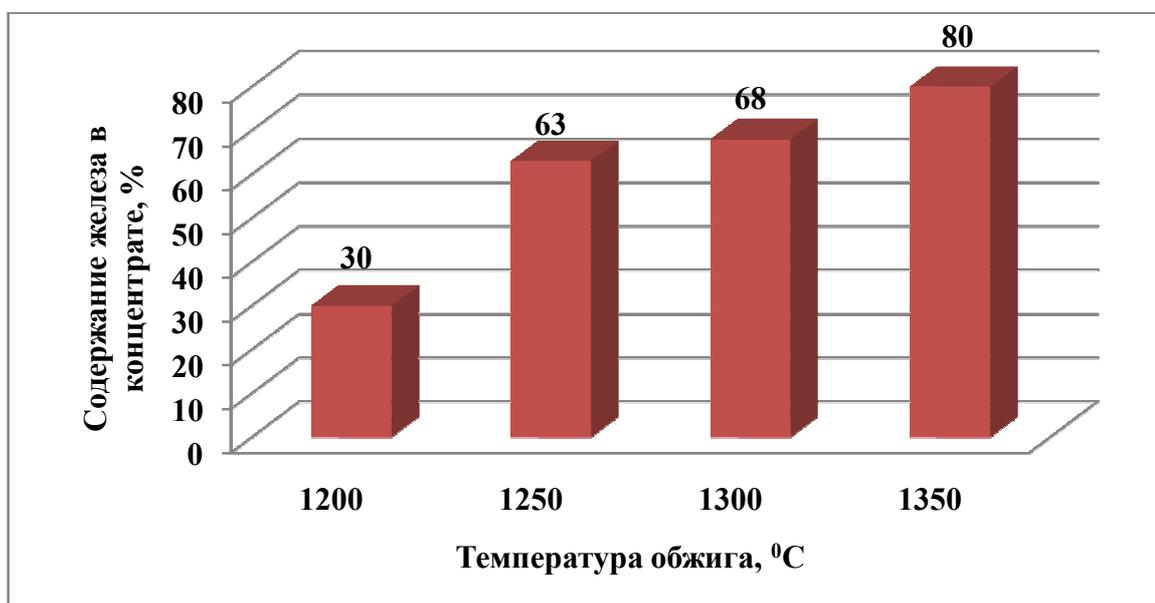


Рис.3. Влияние температуры обжига на содержание железа в концентрате

Из рис.3 видно, что с увеличением температуры обжига содержание железа в концентрате растёт. Это явление можно объяснить следующим образом. Для протекания химических или структурных изменений в твёрдой фазе должно происходить перемещение атомов. Возможны различные механизмы этого явления. Одним из них может быть переход атомов из нормальных узлов решётки в расположенную рядом вакансию. Вакансии существуют в каждом кристалле при всех температурах, отличных от абсолютного нуля. Скорость, с которой протекает диффузия атомов в этом случае, зависит от лёгкости перемещения атомов из нормального узла в вакантный и от концентрации вакансий. Передвижение атомов в каком-либо направлении эквивалентно блужданию вакансий в противоположном направлении. Поэтому в подобном случае можно говорить о диффузии вакансий.

Одним из вариантов этого процесса является так называемый «эстафетный» механизм, при котором атом, находящийся в междоузлии, переходит в нормальный узел, выталкивая ранее находившийся там атом в новое междоузлие.

Действительный механизм процесса в данной системе определяется относительной величиной энергии, требующейся для протекания этого процесса. Диффузионные процессы, как правило, во многом определяют скорость химических реакций и спекания.

Величина необходимой для этого энергии называется энергией активации процесса, а температурная зависимость может быть представлена выражением:

$$D = D_0 \exp(-E/RT)$$

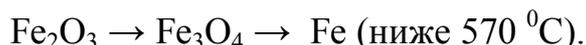
где E – кажущаяся энергия активации диффузии.

Величина коэффициента диффузии и его изменение с ростом температуры увеличивается и тем, самым ускоряются реакции восстановления оксидов железа.

Процесс восстановления железа из оксидов, согласно принципу Байкова о последовательности превращений, протекает ступенчато путём перехода от высших оксидов к низшим по схеме



или



При этом в соответствии с диаграммой Fe – O в системе возникают не только низшие оксиды и металл, но и твёрдые растворы.

Восстановление оксидов железа твёрдым углеродом возможно по следующим реакциям:



Для последней реакции: $\lg K_p = -7730/T + 7,84$

Суммарный отрицательный тепловой эффект 4240 кДж/кг железа.

При отрицательном тепловом эффекте химической реакции, согласно принципу Ле-Шателье, увеличение температуры сдвигает равновесие реакции восстановления железа слева направо, т.е. в сторону образования металла.

На рис.4 изучены равновесные составы газовой фазы для реакций восстановления оксидов металлов в зависимости от температуры.

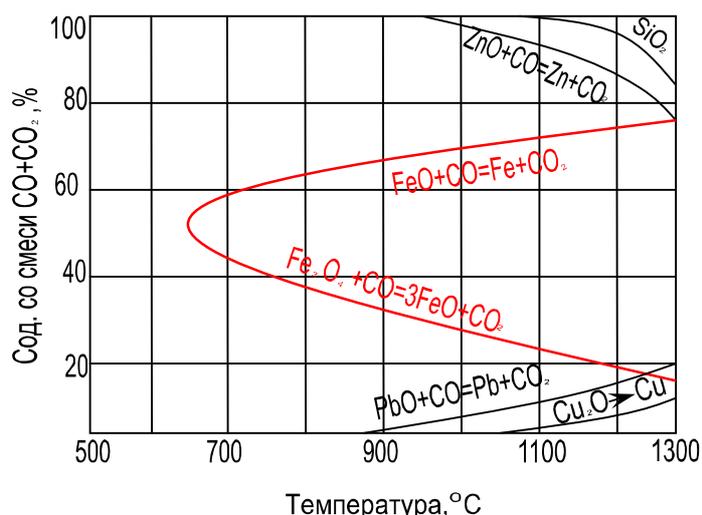


Рис.4. Зависимость равновесных концентраций CO в смеси с CO₂ для реакций восстановления оксидов металлов оксидом углерода от температуры

Важным показателем обогатительного процесса является извлечение ценного компонента в концентрат. На рис. 5. и 6. представлены результаты

исследований по определению этого показателя в зависимости от температуры обжига.

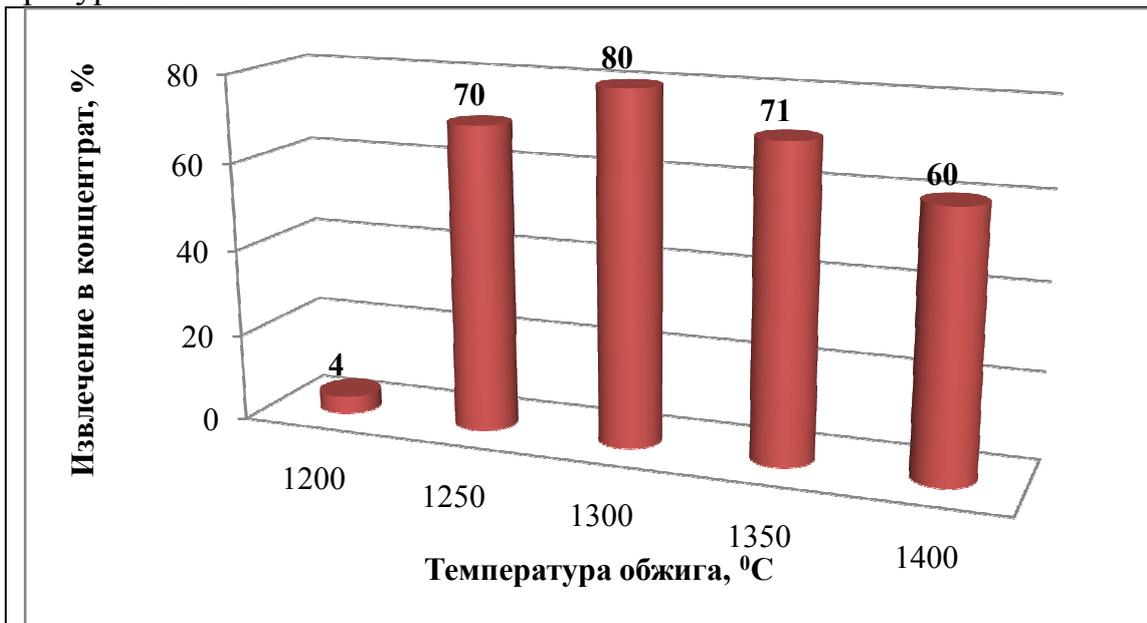


Рис.5. Влияние температуры обжига на извлечение железа в концентрат: Время обжига – 15 мин в токе воздуха; окатыши $d = 10$ мм; состав 80% концентрат, 20% коксик

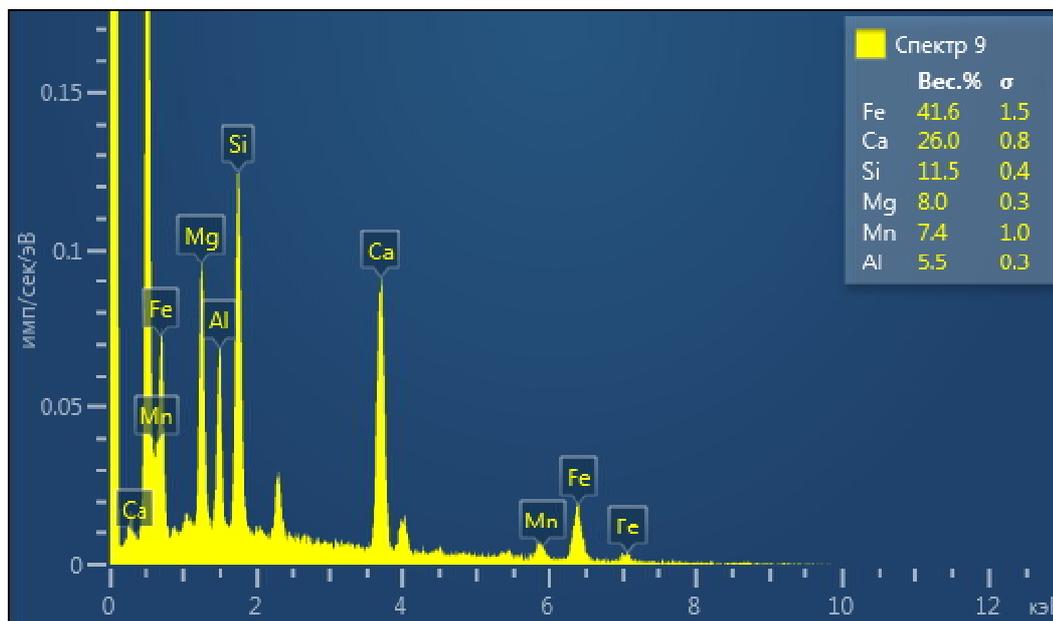


Рис.6. Электронно-микроскопический снимок концентрата после восстановления

Из данных на рис. 4. и 5. видно, что с повышением температуры степень извлечения железа в концентрат возрастает. Это является следствием того, что при высоких температурах восстановительные процессы протекают более интенсивно. Однако, степень извлечения остаётся довольно низкой и это приводит к тому, что при термической обработке измельчённых железорудных материалов наблюдается явление спекания. Оно особенно

активизируется, если обработке подвергается пористое спрессованное тело. Таким образом, спекание проявляется при термообработке как отдельных дисперсных частиц (например, при восстановлении или обжиге концентратов в обжиговыми печи), так и гранул (сырые окатыши).

Для определения оптимального восстановителя и его расхода, были проведены эксперименты с использованием в качестве восстановителей нефтяной кокс Ферганского нефтеперерабатывающего завода (ФНПЗ) и бурый уголь Ангренского разреза. Результаты приведены рис. 7-8.

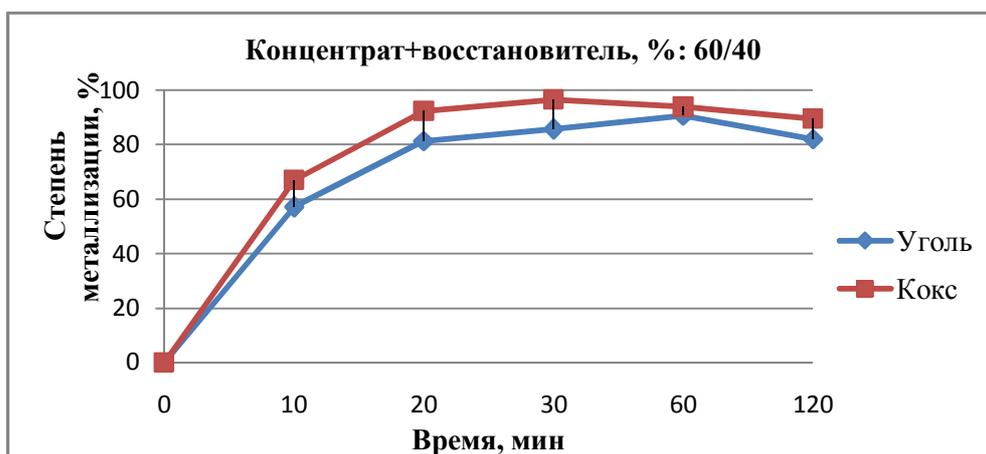


Рис 7. Степень восстановления оксидов железа при температуре 1100°C

Из данных приведённых в рис. 7. видно, что при использовании в качестве восстановителя угля, степень металлизации ниже, чем при использовании нефтяного кокса. Исходя из полученных результатов, а также учитывая стоимость нефтяного кокса (около 4,4 млн сум за тонну), превышающего стоимость угля (около 0,5 млн сум за тонну) и высокое содержание серы в коксе, являющейся вредной примесью для стали, было принято решение в качестве восстановителя использовать бурый ангренский уголь.

В наших условиях углетермическим восстановление соединения железа в гравитационных концентратах значительное количество металлического железа появляется только при выше 1000°C. Максимальная степень металлизации 87% (60 мин обжига) была достигнута при 1100°C. При 1200°C степень металлизации состав 31,1%.

При температурах ниже 900°C степень металлизации не превышала 7%. Оптимальная температура для углетермического восстановления гравитационного концентрата бурого углем составляет 1100°C, при которой степень восстановления и металлизации брикетов достигла соответственно 87 и 80%. Дифрактограмма сталеплавильного шлака после восстановления с углем показано в рис.8.

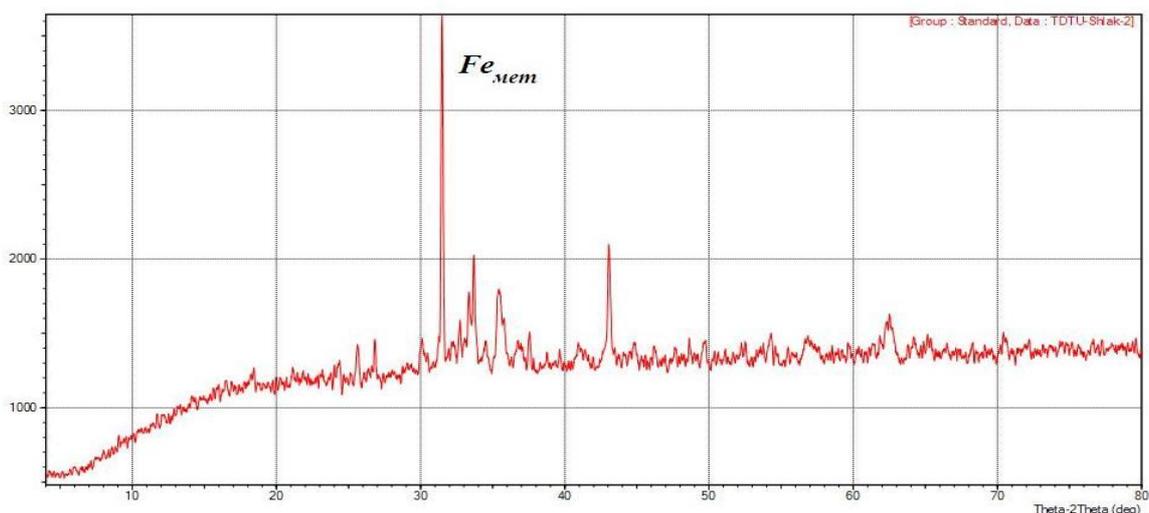


Рис. 8. Дифрактограмма сталеплавильного шлака после восстановления с углем.

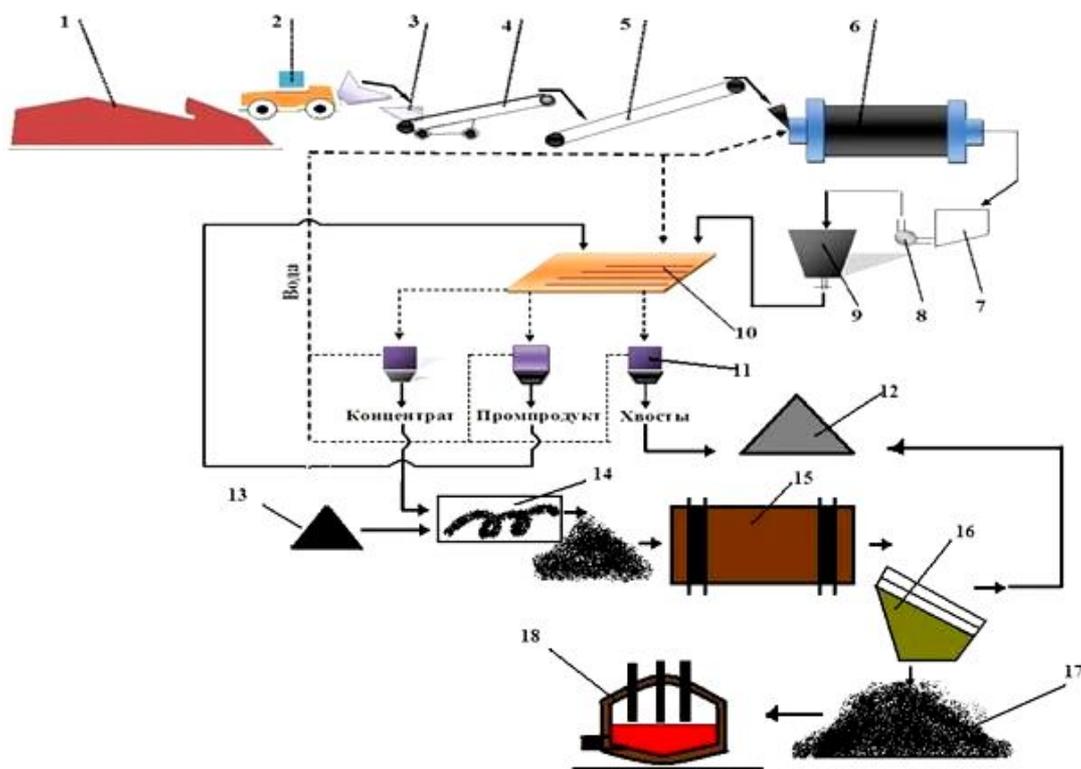
Дифрактограмма зафиксировала (рис. 8) магнетит – 2,541; 1,612; Å, и металлического железа на пике 2,7 Å.

Определено, что процесс восстановления железа из оксидов протекает ступенчато по следующей схеме: при температурах выше 560°C $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$, ниже 560°C магнетит восстанавливается до металлического железа, минуя вюстит $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{Fe}$, а также, установлено, что оптимальной температурой восстановительного обжига является 1100 °C.

В четвертой главе «Разработка технологии извлечения железа и его соединений из сталеплавильных шлаков» освещены результаты апробирования и внедрения безотходной технологии переработки сталеплавильных шлаков.

Приведенные исследования показали, что из гравитационного концентрата могут быть получены вполне качественные металлизированные окатыши с высоким содержанием железа (75 – 85 %) и степенью металлизации $\text{Fe}_{\text{мет}} / \text{Fe}_{\text{общ}} \cdot 100$ порядка 80 – 95 %. Этот материал может быть использован для выплавки стали в дуговых сталеплавильных печах.

Приведены реализации технологии извлечения железа и его соединений из сталеплавильных шлаков внедрены в АО «Узметкомбинат», с условной производительностью 150 тыс. т. шлаков в год. Соответственно при количестве рабочих дней в году 330 дней, суточная производительность составлял 454 т, а часовая 18,9 т. Предлагаемые технологии, схема цепи аппаратов которой показана на рис. 5.



1-сталеплавильный шлак, 2- погрузчик, 3- приёмный бункер шлака, 4- пластинчатый питатель, 5- ленточный конвейер, 6- шаровая мельница марки МШЦ 18-30, 7- ЗУМПФ, 8- пульповый насос марки 5грТ, 9- приёмная ёмкость, 10- концентрационный стол марки СКМ-1А, 11- дезинтегратор, 12- хвосты для строительного индустрии, 13- Ангреного бурый уголь, 14- мешалка, 15- обжиговая печь, 16- грохот, 17- металлизированного окатыш, 18- дуговая сталеплавильная печь ДСП.

Рис. 8. Принципиальная технологическая схема и схема цепи аппаратов переработки сталеплавильных шлаков АО «Узметкомбинат».

Проведём ориентировочный расчёт эффективности предлагаемой технологии извлечения железа и его соединений из сталеплавильных шлаков. Согласно практическим данным на АО «Узметкомбинат» ежегодно образуется 150-250 тыс. тонн шлаков с содержанием $Fe_{\text{общ}}$ – 50-70%, $Fe_{\text{мет}}$ – 10-12%.

Соответственно, количество $Fe_{\text{общ}}$ в шлаках составит:

$$150\,000 \cdot 0,5 = 75\,000 \text{ т/г,}$$

а $Fe_{\text{мет}}$

$$150\,000 \cdot 0,1 = 15\,000 \text{ т/г}$$

В настоящее время на АО «Узметкомбинат» данные шлаки с целью извлечения из них металлического скрапа подвергаются переработке в цехе переработки шлаковых отвалов. После переработки в шлаках остаётся 15-25% суммы Fe_2O_3 и FeO , а также 2-4% $Fe_{\text{мет}}$.

Согласно данным о химическом составе переработанных сталеплавильных шлаков (табл. 2.1) определим количество Fe_2O_3 , FeO и $\text{Fe}_{\text{мет}}$, содержащееся в шлаках:

$$\text{Fe}_{\text{мет}}: 150\,000 \cdot 0,038 = 5\,700 \text{ т/г}$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}: 150\,000 \cdot 0,176 = 26\,400 \text{ т/г.}$$

На основании проведённых исследований и полученных результатов, приведённых в табл. 3.6., определим количество извлечённого из переработанных сталеплавильных шлаков Fe_2O_3 , FeO и $\text{Fe}_{\text{мет}}$:

Количество извлечённого $\text{Fe}_{\text{мет}}$:

$$\text{Концентрат: } 5\,700 \cdot 0,782 = 4\,457,4 \text{ т/г;}$$

$$\text{Промпродукт: } 5\,700 \cdot 0,112 = 638,4 \text{ т/г.}$$

Всего извлечено:

$$4\,457,4 + 638,4 = 5\,095,8 \text{ т/г.}$$

Количество извлечённых в сумме Fe_2O_3 и FeO :

$$\text{Концентрат: } 26\,400 \cdot 0,53 = 13\,992 \text{ т/г;}$$

На основании проведённых расчётов сделали вывод о том, что за счёт извлечения Fe_2O_3 , FeO и $\text{Fe}_{\text{мет}}$ комбинат в год дополнительно получил около 5000 т металлического железа, а количество импортируемого окислителя ($\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{FeO}$) сократится на 13000 т. и внедрили технологии в АО «Узметкомбинат».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по диссертационной работе доктора философии (PhD) на тему «Разработка безотходной технологии переработки сталеплавильных шлаков» сформулированы следующие выводы:

1. Определён фракционный (гранулометрический) состав сталеплавильных шлаков:

- +3 мм - 7,18%;
- 3,0+2,5 мм - 5,6%;
- 2,5+2,0 мм - 6,4%;
- 2,0+1,5 мм - 9,4%;
- 1,5+1,2 мм - 4,86%;
- 1,2 мм - 56,56%.

Эта информация имеет важное значение при переработке сталеплавильных шлаков

2. Определено распределение компонентов шлака по фракциям: тяжёлая фракция MnO -4,7-5,0 г/см³, $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ -5,0-5,2 г/см³; средняя фракция Al_2O_3 -

3,9-4,0 г/см³; MgO – 3,2-3,7 г/см³; CaO – 3,0-3,5 г/см³ и лёгкая фракция SiO₂ - 2,5-2,7 г/см³.

Эти результаты имеют важное значение при применении гравитационных методов обогащения для извлечения железа и его соединений из сталеплавильных шлаков

3. Определено, что оптимальной крупностью при которой достигается максимальное извлечение железа и его соединений из сталеплавильных шлаков, является класс 0,1 мм. Полученные результаты, позволяют разработать технологию гравитационного обогащения.

4. Определён оптимальный способ гравитационного обогащения сталеплавильных шлаков, при котором достигается максимальное извлечение FeO, Fe₂O₃, Fe. Полученные результаты позволяют выбрать самый эффективный способ извлечения железа и его соединений из сталеплавильных шлаков.

5. Определены следующие показатели извлечения FeO, Fe₂O₃, Fe при обогащении на концентрационном столе, %:

концентрат 1 - FeO+Fe₂O₃ - 63,0; Fe- 78,2;

концентрат 2 - FeO+Fe₂O₃ - 22,8; Fe- 11,2.

Полученные результаты позволяют разработать технологию производства рудотопливных окатышей.

6. Установлено, что при применении в качестве восстановителя Ангренского бурого угля, при термической обработке рудотопливных окатышей, степень металлизации достигает до 90%. Полученный результат позволяет применять в сталеплавильной промышленности в качестве восстановителя местные материалы.

7. Разработана технологическая схема и схема цепи аппаратов безотходной технологии переработки шлаков сталеплавильного производства. Полученные результаты позволяют за счёт снижения накопления шлаковых отвалов расширить полезные земельные площади, решить экологическую проблему и в определённой степени улучшить социальную ситуацию за счёт создания новых рабочих мест.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
OF DSc.28.02.2018.T.03.04 UNDER TASHKENT STATE TECHNICAL
UNIVERSITY AND NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN**

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY NAMED AFTER ISLAM
KARIMOV**

MATKARIMOV SOKHIBJON TURDALIYEVICH

**DEVELOPMENT OF THE WASTELESS TECHNOLOGY OF PROCESSING OF
STEEL-SMELTING SLAGS**

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

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

TASHKENT – 2019

The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2018.2.PhD/T722

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

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

Scientific supervisor: **Yusupkhodjayev Anvar Abdullayevich**
doctor of technical sciences, professor

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

Mamarakhimov Khamza Mamadjanovich
candidate of technical science, dosent

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

The defense of the dissertation will be held «14⁰⁰» on «4» June in 2019 at the meeting of the Scientific Council DSc.28.02.2018.T.03.04 at the Tashkent State Technical University and National University of Uzbekistan (Address: 100095, Tashkent, University street, 2, tel/fax.: (99871) 227-10-32, E-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz).

The dissertation has been registered at the Information Resource Center (IRC) of the Tashkent State Technical University under №85 (Address: 100095, Tashkent, University street, 2, tel/fax.: (99871) 227-10-32, E-mail: (tadqiqotchi@tdtu.uz)).

The abstract of the dissertation is distributed on «21» May in 2019 protocol at the register № 93 dated on «May» in 2019.

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

N.D.Turakhodjayev
Scientific secretary of the scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

R.M. Mikhridinov
Chairman of scientific seminar at scientific
council on awarding of scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is the development of a wasteless technology of processing of steel-smelting slags.

The object of the research was the steel-smelting slags of JSC Uzbeksteel, brown coal of the Angren field and oil coke of the CPT – 3.

The scientific novelty of a research consists in the following:

the optimum indicator of fineness of steel-smelting slags for extraction of iron and its connections from slags of ferrous metallurgy is determined by method of gravitational enrichment;

the technology of extraction of FeO, Fe₂O₃, Fe from steel-smelting slags by means of a concentration table is developed;

the physical and chemical processes proceeding at heat treatment the ore-fuel of pellets in the recovery environment are defined;

the technology of use of brown Angren coal as reducer is developed, at heat treatment the ore-fuel of pellets in the recovery environment;

technological indicators of mechanical, chemical and physical and chemical processes are defined.

Implementation of the research results. On the basis of the received results on development of waste-free technology of processing of steel-smelting slags the following is reached:

the technology of extraction of iron and its connection from steel-smelting slags on a concentration table is introduced in JSC Uzbeksteel (reference No. 01/03-02-02-40 of JSC Uzbeksteel of January 22, 2019). At introduction indicators of extraction of FeO, Fe₂O₃, Fe at enrichment of steel-smelting slags on a concentration table are defined: a concentrate 1 - FeO Fe₂O₃ – 63,0; Fe – 78,2; a concentrate 2 - FeO Fe₂O₃ – 22,8; Fe – 11,2;

the technology of use of brown coal of the Angren field as reducer at heat treatment the ore-fuel of pellets is introduced in JSC Uzbeksteel (reference No. 01/03-02-02-40 of JSC Uzbeksteel of January 22, 2019). Introduction allowed to receive the metallized products used for steel smelting;

the technological scheme of processing of steel-smelting slags is introduced in JSC Uzbeksteel (reference No. 01/03-02-02-40 of JSC Uzbeksteel of January 22, 2019). It allowed plant in a year in addition to receive 5000 t of metal iron and 13000 t of oxides of iron (FeO, Fe₂O₃).

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. Yusupkhodjayev A.A., Matkarimov S.T., Khudoyarov S.R., Valiyev X.R., Nuraliyev O.U. Use of secondary technogenic formations of ferrous metallurgy for production of steel // International journal of advanced research in science, engineering and technology. – India, 2019. – Vol.6, Issue 1. P. 7751-7755 (05.00.00; №8).

2. Matkarimov S.T. Extraction iron and its compounds from steel-smelting slags SC “Uzbeksteel” by using gravitation methods // European Science Review. – Austria, Vienna, 2018. – №11–12. P. 67-70 (05.00.00; №3).

3. Samadov A.U., Xolikulov D.B., Matkarimov S.T. Extraction iron and its compounds from steel-smelting slags by using gravitation methods // European Science Review. – Austria, Vienna, 2018. – №9–10. P. 231-234 (05.00.00; №3).

4. Самадов А.У., Юсупходжаев А.А., Худояров С.Р., Валиев Х.Р., Маткаримов С.Т. Исследование обогатимости сталеплавильных шлаков АО «Узметкомбинат» на концентрационном столе // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2018. - №3. – С. 6-9 (05.00.00; №7).

5. Юсупходжаев А.А., Худояров С.Р., Маткаримов С.Т., Ниязов А.А. Технологические параметры процесса получения металлизированных железных концентратов из бедного сырья // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2018. - №2. – С. 91-95 (05.00.00; №7).

6. Маткаримов С.Т., Худояров С.Р., Очилдиев К.Т., Самадова Л.Ш. Исследование свойств сталеплавильных шлаков, влияющих на показатели гравитационного обогащения // Вестник ТашГТУ. – Ташкент, 2018. - №1. – С. 155-160 (05.00.00; №16).

7. Юсупходжаев А.А., Валиев Х.Р., Худояров С.Р., Маткаримов С.Т. Повышение эффективности сталеплавильного доизвлечения ценных компонентов из утилизируемых шлаков // Черные металлы. – Москва, 2015. – №1. – С. 19-22. (04.00.00; №31).

II бўлим (II часть; part II)

8. Маткаримов С.Т., Ахмаджонов А.А., Каримжонов Б.Р., Нуралиев О.У., Самадова Л.Ш. Исследование обогатимости сталеплавильных шлаков АО «Узметкомбинат» методом отсадки // Сборник статей XIV Международной научно-практической конференции на тему «EUROPEAN RESEARCH». В 2 ч. Ч. 1. Пенза. 2018 г. - С. 78-81.

9. Маткаримов С.Т., Худояров С.Р., Ахмаджанов А.З., Носирхужаев С.К. Исследование свойств сталеплавильных шлаков АО «Узметкомбинат», влияющих на показатели гравитационного обогащения // Сборник статей II

Международной научно-практической конференции на тему: «ADVANCED SCIENCE», В 2 ч. Ч. 1. – Пенза, 2018 г. – С. 56-60.

10. Худояров С.Р., Якубов М.М., Маткаримов С.Т. Новый подход к решению проблемы извлечения железа и его соединений из техногенных отходов чёрной металлургии // Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции на тему: «Новые композиционные и нанокоспозиционные материалы: структура, свойства и применение», Ташкент, 2018. - С.130-131.

11. Юсупходжаев А.А., Худояров С.Р., Маткаримов С.Т. Повышение комплексности использования сырья при производстве стали // Сборник статей по итогам Международной научной конференции на тему: «Современные проблемы и перспективы совершенствования рационального и безопасного недропользования», Ташкент, 2018. – С. 228-232.

12. Бабаев Ж.М., Маткаримов С.Т. Пулат эритиш шлакларини кайта ишлашнинг экологик технологияси // “Таълим, фан ва ишлаб чиқариш интеграциясида инновацион технологияларни кўллаш-мамлакат тараққиётининг муҳим омили” мавзусидаги XV республика илмий-амалий конференцияси материаллари, Самарқанд, 2018, - 38-40 Б.

13. Маткаримов С.Т., Худояров С.Р., Бердияров Б.Т., Османов З.Б. Разработка технология переработки сталеплавильных шлаков // Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции на тему: «Современные технологии получения и переработки композиционных и нанокоспозиционных материалов», Ташкент, 2017. - С.165-166.

14. Маткаримов С.Т., Худояров С.Р., Бердияров Б.Т., Самадова Л.Ш. Исследование оптимального способа извлечения железа и его соединений из сталеплавильных шлаков // Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции на тему: «Научно-технический прогресс как фактор развития современной цивилизации», Стерлитамак, Россия, 2017. – С. 77-81.

15. Маткаримов С.Т., Худояров С.Р., Бердияров Б.Т., Гайназарова У.А., Самадова Л.Ш. Инновационная малоотходная технология переработки сталеплавильных шлаков // Сборник статей по итогам Международной научной конференции на тему: «Innovation-2017», Ташкент, 2017. – С. 166-167.

16. Matkarimov S.T., Samadov A.U., Khudoyarov S.R., Berdiyarov B.T., Karimdjonov B.R. Waste-free technology of processing steel-smelting slag // Proceedings of the 9th international science and engineering conference on mining and metallurgy complex: achievements, challenges and modern trends, Navoi, 2017, - P. 121.

17. Samadov A.U., Matkarimov S.T., Khudoyarov S.R., Berdiyarov B.T. Studying methods of extraction iron and its compounds from steel-smelting slags // Proceedings of the international conference on integrated innovative development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects, Navoi, 2017, - P. 182-184.

18. Худояров С.Р., Валиев Х.Р., Бердияров Б.Т., Маткаримов С.Т., Холикулов У.М. Исследование переработки утилизируемых сталеплавильных шлаков // Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции на тему: «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития», Навои, 2016. – С. 137.

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

Бичими 60x84¹/₁₆. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.
Шартли босма табоғи:3. Адади 80. Буюртма №71

Гувоҳнома реестр №10-3719
«Тошкент кимё технология институти» босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Навоий кўчаси, 32-уй.