

**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

ЯКУБОВ ЛАЗИЗХАН ЭРГАШХАНОВИЧ

**МИС ҚОТИШМАЛАРИНИ СУЮҚЛАНТИРИШ ДАВРИДА РЕСУРС
ТЕЖАМҚОРЛИГИНИ ТАЪМИНЛАЙДИГАН ТЕХНОЛОГИЯНИ
ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси

АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент- 2019

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
техническим наукам
Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on technical
sciences**

Якубов Лазизхан Эргашханович

Мис котишмаларини суюклантириш даврида ресурс тежамкорлигини
таъминлайдиган технологияни ишлаб чиқиш.....3

Якубов Лазизхан Эргашханович

Разработка ресурсосберегающей технологии ведения плавки медных сплавов21

Yakubov Lazizkhan Ergashkhanovich

Resource-saving technology of manufacturing melting of copper alloys38

**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

ЯКУБОВ ЛАЗИЗХАН ЭРГАШХАНОВИЧ

**МИС ҚОТИШМАЛАРИНИ СУЮҚЛАНТИРИШ ДАВРИДА РЕСУРС
ТЕЖАМҚОРЛИГИНИ ТАЪМИНЛАЙДИГАН ТЕХНОЛОГИЯНИ
ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси

АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент- 2019

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2018.4.PhD/Т730 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

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

Илмий раҳбар: **Тураходжаев Нодир Джахонгирович**
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар: **Абдуллаев Фатхулла Сагдуллаевич**
техника фанлари доктори, профессор

Шазимов Анартай Олжабаевич
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот: **Тошкент темир йуллар муҳандислар институти**

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ва Ўзбекистон Миллий университети ҳузуридаги DSc.28.02.2018.Т.03.04. рақамли Илмий кенгашнинг 2019 йил «23» февраль соат 10⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2-уй. Тел./ факс:(99871)227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz)

Диссертация билан Тошкент давлат техника университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (112 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2-уй. Тел.:(99871)227-10-32.)

Диссертация автореферати 2019 йил «8» февраль куни тарқатилди.

(2019 йил «6» февралдаги 45 рақамли реестр баённомаси).

К.А.Каримов

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

Р.У.Шукуров

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш котиби, т.ф.д., профессор

Р.М.Михридинов

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

КИРИШ (техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жахонда қора ва рангли металллар металлургияси асосида хом ашё базасини шакллантириш, турли металллардан қуйма маҳсулотлар олишда энергия ва ресурс тежамкорлигини таъминлаш масаласини хал қилиш алоҳида аҳамият касб этмоқда. Шу билан бирга мис қотишмаларини суюқлантиришда ва мис қотишмаларидан қуйма маҳсулотлар олишда ресурс тежамкор технологияларни ишлаб чиқиш чиқариш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Бу борада ривожланган мамлакатлар, жумладан АҚШ, Англия, Германия, Испания, Россия, Япония, Хитой ва бошқа мамлакатларнинг илмий-тадқиқот марказларида мис қотишмаларидан сифатли маҳсулотлар олишда ресурс тежамкорликни таъминлашга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жахонда мис қотишмаларини суюқлантиришда ресурс тежамкорлигини таъминлаш бўйича кенг қўламда илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан мис қотишмаларини суюқлантириш учун фойдали иш коэффициенти юқори бўлган печ конструкцияларини ишлаб чиқиш, печ ичида суюқлантириш даврида химоя воситаси сифатида махсус флюс таркибини ишлаб чиқиш, мис қотишмаларини суюқлантириш жараёнида ресурстежамкор технологияларни қўллаш, мис қотишмаларидан қуйма маҳсулотлар олишда механик хоссаларга салбий таъсир қилувчи нометалл элементларнинг таркибга сингишининг олдини олиш режимларини ишлаб чиқиш, куйиш миқдори юқори бўлган материал ва қотишмаларни суюқлантиришда энергия ва ресурстежамкор технологияларни ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этмоқда. Шу билан бирга суюқлантирилаётган шихта таркибига қиринди ва ишлаб чиқаришнинг бошқа чиқиндиларини қўшган ҳолда металлни қайта суюқлантиришда ресурстежамкор усул қўллаш орқали маҳсулот сифатини таъминлаш технологиясини ишлаб чиқиш зарур ҳисобланади.

Республикамизда мис қотишмаларини ишлаб чиқариш, улардан қуйма маҳсулотлар олиш кенг йўлга қўйилган бўлиб, мис қотишмаларини суюқлантиришда ресурстежамкорликни таъминлаш чора-тадбирлари амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «... макроиктисодий 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 қора ва рангли металллардан сифатли маҳсулотлар ишлаб чиқиш, қуйма

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

усулда олинаётган махсулотларнинг сифати, дизайни ва таннархини дунё стандартларига мослаштириш, мис қотишмаларини суюқлантириш даврида ресурстежамкор технологияларни ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасчине янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2016 йил 26 декабрдаги ПҚ-2698-сон «2017-2019 йилларда тайёр махсулот турлари, бутловчи буюмлар ва материаллар ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштиришнинг истиқболли лойиҳаларини амалга оширишни давом эттириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ-3682-сон «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий жорий қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. “Энергетика, энергия ва ресурстежамкорлик” устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дунё олимлари томонидан мис қотишмаларини турли печларда суюқлантириш, олинаётган қотишманинг сифатини ошириш ва куйиш сабабли металлнинг йўқотилиш миқдорини камайтириш технологияларини яратиш бўйича кўплаб тадқиқотлар олиб борилган. Дунёнинг етакчи олимлари, жумладан Испания ва Англия тадқиқотчилари Salvador Rovira, Ignacio Montero-Ruiz ва Martina Renzi мис қотишмаларини олишда қалай рудаси билан бронзани бирга суюқлантириш технологияси устида илмий-тадқиқот ишларини олиб борганлар. Бу тадқиқотлар мис қотишмаларини суюқлантиришда қалай рудаси химоя воситаси сифатида қўлланилган ва миснинг куйиш миқдорини 5-6%га камайтиришга эришилган. Америка ва Германия олимлари Frances Hayashida, Izumi Shimada, David J Killick ва Ursula Wagner мис қотишмаларини суюқлантириш даврида оксидланиш оқибатида куйиш миқдорини тадқиқ қилиб, суюқлантириш печларининг шиббаси ва хажмининг куйиш миқдорига боғлиқлик графигини ишлаб чиқишган.

МДХ олимлари В.А.Измайлов ва А.Н.Коновалов мис қотишмаларини, жумладан алюминийли ва хромли бронзаларни суюқлантиришда куйиш миқдорини камайтиришни таъминлайдиган кальцийнинг фосфатли ва силикатли флюс таркибини ишлаб чиқишган. А.Н.Коновалов томонидан 1100-1400⁰С да цирконий ёрдамида мис оксидини тиклаш технологияси ишлаб чиқилган. Э.Б.Тен, И.Б. Бадмажапова ва Б.М.Кимановлар томонидан суюқ мисни углерод таъсирида тиклаш усуллари ишлаб чиқилган ва мисни оксидидан 3-4%га тиклашга эришилган. Шунингдек, мис қотишмаларини ишлаб чиқишда ресурс тежамкорлигини таъминлаш бўйича Ўзбекистонда илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда (А.А.Юсупходжаев,

К.С.Санакулов, М.М.Якубов, А.Хасанов ва бошқалар). Ўзбек олимлари А.А.Юсупходжаев, К.С.Санакулов, А.Хасановлар таркибида 0,6-0,8% мис бўлган шлакларни қайта ишлаб, миснинг шлакдаги миқдорини икки баравар (0,3-0,4%)гача камайтириш технологиясини ишлаб чиқишган. Профессор М.М.Якубов турли материалларни тиклашда уларнинг солиштирма самарадорлик баҳосини аниқлаш схемасини ишлаб чиқган.

Мис қотишмаларини суюқлантиришда ресурс ва энергия тежамкорлигини таъминлаш соҳасида кўплаб илмий натижаларга эришилишига қарамай, ҳали ечимини топмаган муаммолар кўп. Жумладан, мис қотишмаларини суюқлантириш даврида куйиш миқдорини камайтириш асосида ресурс тежамкорлигини таъминлайдиган оптимал технология ишлаб чиқилмаган, печ ичида мис қотишмаларини суюқлантириш даврида ресурс тежамкорлигини таъминлайдиган химоя флюсининг оптимал таркиби ишлаб чиқилмаган. Юқорида келтирилган муаммолар ечимини топиш учун мис қотишмаларини суюқлантириш даврида куйиш миқдорини камайишини таъминлайдиган технологияни ишлаб чиқиш, куйиш миқдорини камайишига хизмат қиладиган химоя воситаси сифатида флюс таркибини такомиллаштириш ва суюқлантириш режимини такомиллаштириш учун тадқиқотлар ўтказиш зарур.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети ҳамда «Олмалиқ тоғ-кон комбинати» АЖ ўртасида тузилган «24/10-02-3865/10 «Разработка флюсов и технологии электрошлакового переплава из стружки, лома, отходов цветных металлов, для получения слитков латуни, бронзы, алюминия в условиях ЦРМЗ АО «АГМК» в количестве 10 штук» (2010 й.) ва 19/13/02-1465 юр «Разработка технологии переплава шихты медных сплавов для кокильного литья в условиях ЦРА и СТ ЦРМЗ» (2013 й.) мавзусидаги лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади мис қотишмаларини суюқлантириш даврида металлнинг куйиш миқдорини камайишини таъминлайдиган ресурстежамкор технологияни ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

мис қотишмаларини суюқлантириш даврида куйиш миқдорини камайиши ҳисобига ресурс тежамкорлигини таъминлайдиган технологияни ишлаб чиқиш;

мис қотишмаларини суюқлантириш даврида куйиш миқдорини камайишини таъминлайдиган химоя флюсининг таркибини ишлаб чиқиш;

мис қотишмаларини суюқлантиришда унинг оксидларидан тиклашни таъминлайдиган ишлов бериш технологиясини ишлаб чиқиш;

мис қотишмаларини суюқлантиришда куйиш миқдорини камайишини таъминлайдиган шихтани печга юклашдан олдинги қиздириш режимини ишлаб чиқиш;

мис қотишмаларини суюқлантиришда шихтанинг таркибидаги қиринди ва ишлаб чиқаришнинг металл чиқиндиларини миқдорини оширишнинг имконини берадиган суюқлантириш технологиясини ишлаб чиқиш;

мис қотишмаларининг таркибида оксид ва газ қўшимчаларининг миқдорини камайишини таъминлайдиган шихтани иситиш, суюқлантириш ва қиздириш технологияси ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида мис қотишмаларидан бронзанинг БрОЦС 5-5-5 ва латуннинг Л68, Л62 маркалари олинган.

Тадқиқотнинг предмети мис қотишмаларини суюқлантириш даврида печга юкланаётган шихтани иситиш, юкланатган шихтани суюқ ванна ичида эритиш, печ атмосфераси билан суюқ металл орасидаги химоя воситаси сифатида флюснинг турли таркиблари ёрдамида ишлов бериш технологияларини ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида мис қотишмаларни тадқиқ этишнинг замонавий назарий ва экспериментал усуллари, вакуум экстракцияси асосида қотишмадаги водород миқдорини аниқлаш, ғовак шкаласи асосида газ ғовакларини аниқлаш, сифат кўрсаткичларини аниқлашда Харрингтоннинг умумлашган сифат кўрсаткичларини аниқлаш усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

мис қотишмаларини суюқлантириш даврида ресурстежамкорлигини таъминлайдиган юқори ҳароратли ишлов бериш технологияси ишлаб чиқилган;

таркибида 15-20% эркин углерод бўлган флюснинг такомиллаштирилган таркиби ишлаб чиқилган;

куйиш миқдорини 4-6%га камайишини таъминлайдиган шихтани печга юклашдан олдинги қиздириш режими ишлаб чиқилган;

шихтанинг таркибидаги стружка миқдорини 10-15%га оширишнинг имконини берадиган суюқлантириш технологияси ишлаб чиқилган;

таркибида оксид ва газ қўшимчаларининг миқдорини 12-14%га камайишини таъминлайдиган шихтани иситиш, суюқлантириш ва қиздириш технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

мис қотишмаларини суюқлантириш даврида ресурс тежамкорлигини 4-6%га ортишини таъминлайдиган технологиянинг ишлаб чиқилган;

печга юкланаётган шихта таркибида ишлаб чиқариш чиқиндилари ва қиринди миқдорини 10-15%га ортишини таъминлайдиган технологиянинг ишлаб чиқилган;

мис қотишмаларини суюқлантиришда печ ҳароратини таъминлайдиган режимнинг ишлаб чиқилган;

мис қотишмаларини суюқлантиришда куйишнинг олдини олиш учун химоя воситаси сифатида қўлланиладиган флюс таркибининг ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги аниқ қўйилган вазифа асосида олинган, мис қотишмаларини

суюқлантиришда олиб борилган экспериментал тадқиқотларнинг кўплиги ва олинган натижаларнинг математик моделлаштириш асосида қайта ишлов берилиши, замонавий техника ва технологиялардан фойдаланиш асосида аниқланган физик-механик ва эксплуатацион хоссаларининг кўрсаткичлари, ҳамда физик-математик формулалари ёрдамида ҳисобланган натижалар билан таққослаш орқали изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти мис қотишмаларини суюқлантириш даврида ҳимоя воситаси сифатида қўлланиладиган флюс ташкил этувчиларининг юқори ҳароратларда кечадиган кимёвий реакцияларининг нометал кўшимчалар металл таркибига сингишига боғлиқлик даражаларини аниқланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти мис қотишмаларини суюқлантириш даврида ресурс тежамкорлигини таъминлайдиган технологиянинг ва шу технологияни амалга оширилишини таъминлайдиган флюс таркибининг қўлланилиши ресурс тежамкорлигининг 8-10%га ортишини таъминлаши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Мис қотишмаларини суюқлантириш даврида ресурс тежамкорлигини таъминлайдиган технологияни ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

электршлак печида мис қотишмаларини суюқлантириш даврида электроддаги кучланишни поғонали ошириш технологияси «Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖ га металл йўқотишларини камайтириш учун жорий қилинган («Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖнинг 2018 йил 20 майдаги УА-10342-сон маълумотномаси). Натижада мис қотишмаларини суюқлантириш жараёнида металлнинг куйиш миқдори 15-17%га камайтириш имкони яратилган;

металл қириндисини электршлак печида суюқлантириш технологияси «Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖга шихта таркибидаги қириндининг миқдорини ошириш учун жорий қилинган («Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖнинг 2018 йил 20 майдаги УА-10342-сон маълумотномаси). Натижада мис қотишмаларини суюқлантириш учун қўлланиладиган шихта таркибидаги стружка миқдорини 10-12%га ошириш имкони яратилган;

мис қотишмаларини суюқлантириш учун ишлаб чиқилган янги таркибли флюс «Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖга мис қотишмаларини суюқлантиришда ҳимоя воситаси сифатида жорий қилинган («Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖнинг 2018 йил 20 майдаги УА-10342-сон маълумотномаси). Натижада мис қотишмаларини суюқлантириш даврида металл куйишининг камайиши ҳисобига сарф-харажат 1,2-1,4 мартага камайтиришга эришилган;

шихтани иситиш, суюқлантириш ва қиздириш режимлари «Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖга мис қотишмаларини электршлак печларида суюқлантиришда ресурстежамкорлигини таъминлаш учун жорий қилинган («Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖнинг 2018 йил 20

майдаги UA-10342-сон маълумотномаси). Натижада мис қотишмаларини суёқлантиришда металлнинг куйиш миқдорини 10-15%га камайтириш имкони яратилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертациянинг тадқиқот натижалари 9 та, жумладан 5 та халқаро ва 4 та республика илмий-амалий анжуманларида ва симпозиумларида муҳокамадан ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 15 та илмий иш чоп этилган. Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларни чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларида 5 та мақола, жумладан 4 таси Республика ва 1 таси хорижий журналларда нашр этилган.

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

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

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

Диссертациянинг «**Мис қотишмаларини суёқлантиришда ресурс тежамкорлигини таъминлайдиган печлар ва технологияларнинг тахлили**» деб номланган биринчи бобда мис қотишмаларини суёқлантиришда қўлланиладиган печларнинг турлари, уларда мис қотишмаларини суёқлантиришда кечадиган жараёнлар, печларнинг турларига кура мис қотишмаларининг таркибидаги нометалл ва газ қўшимчаларининг сингиш жараёни кўрсатиб ўтилган. Бу бобда мис қотишмаларини суёқлантиришда ресурс тежамкорлигини таъминлайдиган технологияларни ишлаб чиқиш борасида олиб борилган ва олиб борилаётган илмий тадқиқот натижалари келтирилган.

Ҳозирги кунда турли давлатларнинг корпорациялари, фирма ва ташкилотлари томонидан ишлаб чиқарилган технологиялар асосида мис қотишмаларини суёқлантириш натижасида металл йўқотишлари 1980-2000 йилларга нисбатан деярли икки мартага камайган. Дунёнинг етакчи олимлари, жумладан Испания ва Англия тадқиқотчилари Salvador Rovira, Ignacio Montero-Ruiz ва Martina Renzi мис қотишмаларини олишда қалай рудаси билан бронзани бирга суёқлантириш технологияси устида илмий-тадқиқот ишларини олиб борганлар. Бу тадқиқотлар мис қотишмаларини суёқлантиришда қалай рудаси ҳимоя воситаси сифатида қўлланилган ва натижада металлнинг куйиш миқдори 12-14%га камайишига эришилган.

Америка ва Германия олимлари Frances Hayashida, Izumi Shimada, David J Killick ва Ursula Wagner мис қотишмаларини суюқлантириш даврида оксидланиш оқибатида куйиш миқдорини тадқиқ қилиб, суюқлантириш печларининг шиббаси ва хажмининг куйиш миқдорига боғлиқлик графигини ишлаб чиқишган. Ишлаб чиқилган график асосида олиб борилган суюқлантириш технологияси куйиш миқдорини 15-17%гача камайтириш имконини берган.

МДХ олимлари В.А.Измайлов ва А.Н.Коновалов мис қотишмаларини, жумладан алюминийли бронза ва хромли бронзаларни суюқлантиришда куйиш миқдорини камайишини таъминлайдиган кальцийнинг фосфатли ва силикатли флюс таркибини ишлаб чиқишган. Ишлаб чиқилган флюс ёрдамида мис қотишмаларини суюқлантириш технологияси металл ресурсларини 20%гача тежаш имконини берган. А.Н.Коновалов томонидан 1100-1400⁰С да цирконий ёрдамида мис оксидини тиклаш технологияси ишлаб чиқилган. Бу технология асосида мис оксидини 8-10%га тиклашга эришилган. Э.Б.Тен, И.Б. Бадмажапова ва Б.М.Киманов томонидан суюқ мисни углерод таъсирида тиклаш усуллари ишлаб чиқилган. 1200-1300⁰С да қўлланиладиган ушбу тиклаш усули ёрдамида 12%гача мисни тиклашга эришилган. Ўзбек олимларининг олиб борган илмий-тадқиқот ишлари натижасида мис қотишмаларини ишлаб чиқариш шлакларидан 45-50% миқдоригача ажратиб олишга эришилган. Мис қотишмаларини ишлаб чиқишда ресурс тежамкорлигини таъминлаш бўйича илмий-тадқиқот ишлари олиб борган олимлар А.А.Юсупходжаев, К.С.Санакулов, М.М.Якубов, А.Хасановлар ишлаб чиқариш шлаклари билан банд булган 1000 кв.м. дан зиёд худудни бўшатишга эришганлар. Ўзбек олимлари А.А.Юсупходжаев, К.С.Санакулов ва А.Хасановлар таркибида 0,6-0,8% мис бўлган шлакларни қайта ишлаб, шлакдаги мис миқдорини 0,3-0,4%гача камайтириш технологиясини ишлаб чиқишган. Профессор М.М.Якубов мис қотишмаларига ишлов бериш асосида уларнинг механик хоссаларини 7-8%га ошириш технологиясини ишлаб чиқди.

Олиб борилган тадқиқотларнинг тахлили шуни кўрсатдики, мис қотишмаларини суюқлантириш даврида асосий ресурс йўқотишлари суюқлантириш даврида кечади. Металл ресурсини тежашни таъминлайдиган технологияни суюқлантириш давридаги металлнинг куйиши ва оксидланишнинг олдини олиш асосида яратиш зарур.

Диссертациянинг **«Объектларни танлаш ва тадқиқот қилиш методикасини ишлаб чиқиш»** деб номланган иккинчи бобида мис қотишмаларининг куйиш миқдорини аниқлаш усуллари, олинаётган қотишма таркибидаги газ ва оксид миқдорини аниқлаш усуллари ва олинаётган қотишманинг умумлашган сифат кўрсаткичларни аниқлашнинг Харрингтон усули келтирилган.

Мис қотишмаси таркибидаги водород миқдори вакуум экстракцияси орқали аниқланди. Бунда юқори вакуум остидаги намунадан газларнинг тўлиқ чиқишини таъминлаш учун намунани қиздириб, аввалига форвакуум насоси ёрдамида 10^{-2} мм см.уст. даражали, кейин эса диффузион насос

ёрдамида 10^{-6} - 10^{-7} мм см.уст. даражали вакуум ҳосил қилинди. Тизимдаги босимнинг ўзгариши Мак-Леод манометри ёрдамида аниқланди. Намунадан ажралган газлар қурилманинг аналитик қисмига диффузион насос ёрдамида ўтказилди. Вакуум назорати вакуумметр ВТ-3 ёрдамида амалга оширилди. Намунадаги водород миқдори тажриба пайтидаги босимнинг ўзгариши, қурилма аналитик қисмининг ҳажми, атмосфера босими, хона ҳарорати ва Мак-Леод манометридаги босим ўзгаришини ҳисобга оладиган формула орқали аниқланди.

Мис қотишмасидаги газ ғовақларини ғовақ шкаласи орқали аниқланган. Бунда намунанинг ҳар хил жойларидаги учта 1 мм^2 ўлчамдаги квадратчаларнинг ғовақлар миқдорини ғовақ шкаласи ва эталон жадвали билан солиштириш орқали амалга оширилди. Мис оксидининг миқдори фотометрик ва концентрациялар пики усулларида аниқланган. Биринчи усулда 1,0 грамм оғирликдаги тозаланган намуна реакция аралашма солинган 50 см^3 ҳажмдаги колбага жойлаштирилди. Бунда реакция эритма хона ҳароратида тайёрланди. Намунанинг эриши тугаганидан сўнг колбага 5 см^3 реакция аралашма солиниб, 10-15 дақиқа давомида $45-50^{\circ}\text{C}$ эритиш давом эттирилди. Фильтрлаб олинган эритманинг оптик зичлиги алангали фотометр ПФМ ёрдамида аниқланди. Мис оксидининг массаси унинг намунаси массасига нисбати орқали чиқарилди. Намуналар олиш учун тадқиқот индукцион печи, электр каршилиқ печи ва графитли электр ёй печларида ўтказилди. Юкланаётган шихтанинг, ваннадаги суюқ металлнинг ва электр ёй ёрдамида ишлов беришнинг ҳароратларини назорат қилиш учун ТХА –термо-электрик пирометрлардан фойдаланилди. Мис шихтасини 20°C , 200°C , 400°C ва 500°C ларгача қиздирилишидан кейин печга юкланиши амалга оширилганидаги, суюқ металл юзасида флюс бўлган ва флюс бўлмаган ҳолатидаги, графитли электродлар ёрдамида қиздириш ва суюқлантириш камераларида ишлов беришдан кейинги ҳолатлардаги намуналар олинди. Электр ёй усулида қиздириш, суюқлантириш ва қиздириш камераларида амалга оширилди. Ҳар бир усул учун 5-7 тадан намуна олинди. Намуналар олишда оксидланишнинг олдини олиш имконини берувчи чойнаксимон чўмичлардан фойдаланилди.

Олинган намуналар микроструктураси МИМ–8 металлографик микроскоп ва РЭМ–200 электрон микроскопида ўрганилди. Микрошлифлар анъанавий бўлган усуллар ёрдамида тайёрланди. Мис қотишмаси таркибидаги қўшимчалар миқдорини аниқлашда масс-спектрометрия, спектрал таҳлил усуллари қўлланилди.

Олинган мис қотишмасининг сифатини аниқлашда Харрингтоннинг истақлар функциясидан фойдаланилди. Бунда ҳар бир истақ функциясининг кўрсаткичларини хусусий истақга келтирилиб, хусусий истақлар мажмуидан умумий истақ ўртача геометрик кўрсаткич сифатида қабул қилинди. Хусусий истақ сифатида мис қотишмасидаги водороднинг миқдори, мис қотишмасидаги оксид миқдори, мис қотишмасининг чўзилишдаги мустаҳкамлик чегараси қабул қилинди.

Диссертациянинг «Мис қотишмаларини суюқлантириш даврида ресурс тежамкорлигини таъминлайдиган технологияни ишлаб чиқиш» деб номланган учинчи боби мис қотишмаларини суюқлантириш даврида ресурс тежамкорлигини таъминлайдиган технологияни, шихтани печга юклашдан олдин қиздириш ва печ ичида ишлов бериш режимларини ишлаб чиқишга бағишланган.

Тошкент давлат техника университетининг “Қуймакорлик технологиялари” ва Тошкент давлат техника университети Олмалиқ шаҳридаги филиалининг “Машинасозлик технологияси” кафедраларининг лабораториялари шароитида мис қотишмаларининг, жумладан латун ва бронзаларни суюқлантириш устида тадқиқотлар ўтказилди. Тадқиқотлар суюқлантириш жараёнининг металлнинг куйиш асосида бўладиган йўқотишларини аниқлаш, шихтани печга юклашдан олдин қиздириш режимларининг металл куйиш миқдорига таъсирини аниқлаш ва шихта таркибига ишлаб чиқариш чиқиндиларини киритиш усулларини ишлаб чиқиш устида олиб борилди. Бунинг учун кафедра лабораториясида электр печларининг қатор турлари, жумладан қаршилиқ асосида ишлайдиган қуввати 50 кг/соат бўлган электр печи, қуввати 60 кг/соат бўлган индукцион печи ва ишлаб чиқариш қуввати 25 кг/соат бўлган графит электродли электршлак печи ўрнатилди. Суюқлантириш жараёни учта режимда олиб борилди: индукцион печига шихтани қиздириб юклаш, индукцион печига шихтани қиздирмасдан юклаш, электр қаршилиқ печига шихтани қиздириб юклаш, электр қаршилиқ печига шихтани қиздирмасдан юклаш, электршлак печига шихтани қиздириб юклаш, электршлак печига шихтани қиздирмасдан юклаш.

Юклаш жараёнидан олдин шихтани олдиндан қиздириш самарасини аниқлаш учун қуввати 60 кг/соат бўлган индукцион печидан фойдаланилди. Бунда печга юклашдан олдин шихтани 20⁰С, 100⁰С, 200⁰С, 400⁰С ва 500⁰С гача қиздирилди.

Юқорида келтирилган ҳароратлардаги шихтага юклашдан олдинги ишлов беришдан ҳосил бўлган қотишма таркибидаги водород ва оксид қўшимчаларнинг миқдорининг 1- жадвалда келтирилган.

1-жадвал

Шихтага юклашдан олдинги ишлов беришдан ҳосил бўлган қотишма таркибидаги водород ва оксид қўшимчаларнинг миқдори

т/р	Юкланаётган шихтанинг ҳарорати, °С	Қотишмадаги водороднинг миқдори, см ³ /100 гр	Қотишмадаги оксиднинг миқдори, %
1	20	0,60-0,62	10-12
2	100	0,55-0,60	8-10
3	200	0,52-0,55	7-8
4	400	0,40-0,42	5-6
5	500	0,33-0,35	4-5

Тадқиқот натижасида олинган кўрсаткичлар асосида тадқиқотнинг кейинги босқичи амалга оширилди, бунда электр печларини урта туридан фойдаланилди. Мис қотишмаларини суюқлантириш қуйидаги тартибда олиб борилди:

1. Печларга шихта қуйидаги ҳароратларгача қиздирилганидан кейин юкланди 200-250⁰С, 300-400⁰С, 450-550⁰С, 600-700⁰С;
2. Шихта таркибига қиринди ва ишлаб чиқариш чиқиндилари 10 дан 50% гача миқдоргача киритилди;
3. Мис қотишмаларини суюқлантириш электр қаршилиқ печи, индукцион печи ва электршлак печида бир хил режимда олиб борилди;
4. Шихта таркибидаги қиринди миқдorigа кўра печнинг танланган куввати: 10% қириндили шихта учун - 15 кг/соат, 15-25% қириндили шихта учун – 20 кг/соат ва 30-50% қириндили шихта учун - 25 кг/соат;
5. Олинаётган металл ва қуйиш миқдори аналитик тарози ёрдамида аниқланган;
6. Олинган қотишма таркибидаги газ ва оксид қўшимчаларнинг миқдори вакуум экстракцияси ёрдамида «УзАвтоИнзи» КК, «АГМК» АЖ ва «Узметкомбинат» АЖ лабораториясида амалга оширилган.

Мис қотишмаларини суюқлантиришнинг оптимал режимини аниқлаш учун биринчи босқичдаги тадқиқот ўтказилди. Бунда шихтани қиздириш учун тўртта режими танлаб олинди: 200-250⁰С, 300-400⁰С, 450-550⁰С, 600-700⁰С интервалидаги ҳароратлар. Шу билан бирга шихта таркибидаги қиринди миқдори 10 дан 50%гача миқдорда бўлди. 2 – жадвалда печга юклашдан олдин турли ҳароратларда қиздирилган шихтани суюқлантиришда олинган қотишмаларнинг таркибий ўзгариши келтирилган [2].

Жадвал 2.

Печга юклашдан олдин турли ҳароратларда қиздирилган шихтани суюқлантиришда олинган қотишмаларнинг таркибий ўзгариши.

Тартиб рақами	Суюқлантириш режими	Печга юклашдан олдин шихтани қиздириш ҳарорати, ⁰ С	Олинган қотишмадаги оксид миқдори, %
1	Индукцион печига юклашдан олдинги шихтанинг қиздирилиш ҳарорати	200-250	4-5
2		300-400	2-4
3		450-550	2-3
4		600-700	4-5
5	Қаршилиқ печига юклашдан олдинги шихтанинг қиздирилиш ҳарорати	200-250	6-7
6		300-400	4-5
7		450-550	3-4
8		600-700	5-6
9	Электршлак печига юклашдан олдинги шихтанинг қиздирилиш ҳарорати	200-250	7-9
10		300-400	6-7
11		450-550	5-6
12		600-700	7-8

Тадқиқот натижасидан кўриниб турибдики, печга юклашдан олдин шихтани 450-550⁰С ҳароратгача қиздириш самараси юқори. Бу 550-600⁰С гача қиздириш натижасида шихта юзасида газ ташкил этувчиларининг йиғилиши ва улар кейинчалик металл таркибига сингиши билан боғлиқ [3]. Шихтани олдиндан қиздириш режимини олинаётган қотишма таркибига таъсирини яққол кўриш учун тадқиқотнинг иккинчи босқичи ўтказилди. 3-жадвалда турли режимларда қиздирилган шихтани суюқлантирилганида олинаётган қотишма билан олдиндан қиздирилмаган шихтани суюқлантирилганида олинган қотишма таркиби келтирилган.

3 Жадвал.

Турли режимларда қиздирилган шихтани суюқлантирилганида олинаётган қотишма билан олдиндан қиздирилмаган шихтани суюқлантирилганида олинган қотишма таркиби

Тартиб рақами	Суюқлантириш режими	Олинган қотишмадаги водород миқдори, см ³ /100 гр	Олинган қотишмадаги оксид миқдори, %
1	Индукцион печига юклашдан олдин шихтани 200 ⁰ С ҳароратгача қиздирилган	0,34-0,36	4-5
2	Индукцион печига юклашдан олдин шихта қиздирилмаган	0,40-0,42	6-8
3	Электр қаршилиқ печига юклашдан олдин шихтани 200 ⁰ С ҳароратгача қиздирилган	0,38-0,40	6-7
4	Электр қаршилиқ печига юклашдан олдин шихта қиздирилмаган	0,44-0,46	7-8
5	Электршлак печига юклашдан олдин шихтани 200 ⁰ С ҳароратгача қиздирилган	0,52-0,54	7-9
6	Электршлак печига юклашдан олдин шихта қиздирилмаган	0,55-0,56	8-9

Келтирилган натижалардан кўриниб турибдики, электр шлак печидан олинаётган қотишма таркибида нометалл қўшимчалар миқдори юқори ва шихтани олдиндан қиздириш бу печларда маҳсулот сифатига таъсири кам. Шу билан бир қаторда, индукцион печларида шихтани печга юклашдан олдин қиздириш қотишма сифати учун катта аҳамиятга эга.

Экспериментал тадқиқотларнинг учинчи босқичида суюқ қотишмага юқори ҳароратларда ишлов бериш жараёни билан боғлиқ. Индукцион ва

қаршилик печларининг ишчи хажмдаги ҳароратлари 1800⁰С дан кам бўлгани сабабли, бу тадқиқотлар электр шлак печларида ўтказилди. Бунда 25 кг/соат ишлаб чиқариш қувватига эга бўлган печдан фойдаланилди. Тадқиқотлар икки босқичда амалга оширилди: 1- босқичда ишчи хажмнинг ҳарорати 1100-1200⁰С гача етказилди; 2 – босқичда ишчи хажмнинг ҳарорати 1400-1500⁰С гача етказилди.

Ишчи хажмнинг ҳарорати остки ва устки графит электродларининг орасида ҳосил қилинган электр ёйи ҳисобига амалга оширилди. Электр ёйини ҳосил қилиш ва ҳарорат режимини таъминлаш учун электродлар орасида ўртача диаметри 40-50 мм бўлган кокс бўлақларидан, электр манбаси сифатида эса ўзгарувчан ток асосида ишлайдиган ТС-500 трансформатори қўлланилди.

Мис қотишмасини суюқлантиришда қуйидаги жараён амалга оширилди:

1. Электр ёй ҳосил қилинганидан кейин печнинг ишчи хажми 1100-1200⁰С ҳароратгача қиздирилди;
2. Печ ичига шихтани ишчи хажмнинг ҳарорати 1400-1500⁰С га етганидан кейин амалга оширилди;
3. Мис қотишмаларини суюқлантириш жараёнида суюқ ваннага 1500-1600⁰С, 1600-1700⁰С и 1700-1800⁰С ҳароратларда электр ёй ёрдамида ишлов бериш амалга оширилди;
4. Кимёвий реакцияларнинг тўлик кечиши ва турғун структура ҳосил бўлиши учун суюқ қотишмани 10-15 минут давомида сақлаб турилди;
5. Тайёр қотишмадан намуна олиш лётка орқали металл қолипга қуйиб олиш асосида амалга оширилди.

Мис қотишмаларини суюқлантирилганидан кейин унга юқори ҳароратларда ишлов беришнинг оптимал режимини аниқлаш учун тўртинчи босқичдаги тадқиқот ўтказилди. Бунда шихтани қиздириш учун тўртта режими танлаб олинди: 1500-1600⁰С, 1600-1700⁰С, 1700-1800⁰С интервалидаги ҳароратлар. 4 – жадвалда суюқлантирилганидан кейин унга юқори ҳароратларда ишлов беришнинг оптимал режимини аниқлаш таркибий ўзгариши келтирилган [6].

4-жадвал

Суюқлантирилганидан кейин унга юқори ҳароратларда ишлов беришнинг оптимал режимини аниқлаш

т/р	Суюқ қотишмага печ ичида графит ёрдамида ишлов бериш ҳарорати, ⁰ С	Қотишмадаги водороднинг миқдори, см ³ /100 гр	Қотишмадаги оксиднинг миқдори, %
1	1500-1550	0,52-0,54	5-7
2	1600-1650	0,50-0,52	5-6
3	1700-1750	0,50-0,52	5-6
4	1800-1850	0,40-0,42	2-4
5	1900-1950	0,33-0,35	2-3

Келтирилган натижалардан кўриниб турибдики, печга юкланган шихтанинг юклашдан олдинги қиздириш ҳароратидан катъий назар, юқори ҳароратларда ишлов бериш натижасида олинаётган қотишманинг таркибидаги водород ва оксид қўшимчаларнинг кескин камайиши 1800-1900⁰С ҳароратларда амалга ошади.

Тадқиқот натижаларидан шуни хулоса қилиш мумкинки, қотишма таркибидаги оксидларни, яъни металл куйишини камайтириш асосида ресурс тежамкорлигини таъминлаш учун мис қотишмаларини индукцион печларида суюқлантирганда шихтани юклашдан олдин 450-550⁰С ҳароратгача қиздириш керак. Шу билан бир қаторда электршлак печларида мис қотишмаларини суюқлантирганда суюқ қотишмага 1800-1900⁰С ҳароратда графит муҳитида ишлов бериш керак. Шу билан бир қаторда, электр шлак печларида юқори ҳарорат фақат электр ёй ҳосил қилинган локал жойда ҳосил бўлади. Ёй атрофида эса ҳарорат кескин пасайиб ишлов бериш самараси камаяди. Бу бир ҳисобдан электр ёй ҳосил қилаётган графит электродларидан ажралиб чиқаётган углерод билан боғлиқ бўлса, бошқа томондан электродлар орасида жойлаштирилган углеродли коксдан ажралаётган углероднинг мавжуд бўлиши билан изоҳланади.

Олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулоса қилиш мумкин:

1. Индукцион, қаршилиқ ва электр шлак печларида мис қотишмаларини суюқлантириш даврида шихтани печга юклашдан олдин 400-500⁰С гача қиздириш қотишма таркибидаги водород миқдорини 0,62 дан 0,33 см³/100 гр гача камайишини таъминлайди.

2. Индукцион печларида мис қотишмаларини суюқлантиришда печга юкланаётган шихтани 450-550⁰С га қиздирилганда металлнинг куйиш миқдори 8-10%га камаяди.

3. Индукцион печи, қаршилиқ печи ва электр шлак печларида мис қотишмаларини суюқлантиришда шихтани печга юклашдан олдин 200⁰С гача қиздириш металлнинг куйишини 1-2%га камайишини таъминлайди.

4. Суюқ мис қотишмасини 1800-1900⁰С ҳароратда углерод муҳитида ишлов берилганида қотишма таркибидаги водород миқдори 60-65%га, оксид қўшимчаларнинг миқдори эса 60-55%га камайиши таъминланади.

Диссертациянинг «**Мис қотишмаларини суюқлантириш даврида ресурс тежамкорлигини таъминлайдиган ҳимоя флюсининг таркибини ишлаб чиқиш**» деб номланган тўртинчи бобида мис қотишмаларини суюқлантиришда печ атмосфераси билан суюқ металл орасида ҳимоя вазифасини бажариш учун флюс таркибини ишлаб чиқишга бағишланган.

Мис қотишмаларини суюқлантириш даврида ресурс тежамкорлигини таъминлайдиган технологияни, шихтани печга юклашдан олдин қиздириш ва печ ичида ишлов бериш режимларини ишлаб чиқиш устида олиб борилган илмий-тадқиқот ишларининг хулосасига кўра, углерод муҳитида олиб борилган юқори ҳароратдаги ишлов бериш жараёни самарали экани аниқланган. Олинган натижалардан келиб чиқиб, қўлланиладиган флюсларнинг таркиби структуранинг тақибига таъсир қилиш даражасини

аниқлашда шихтани юклаш қурилмасида 450-500⁰С гача қиздириш асосида амалга оширилди. Бунда флюсларнинг 12 та таркибидан фойдаланилди.

Тадқиқотларнинг иккинчи босқичида углероднинг юқори ҳароратларда (1828⁰С дан юқори) активлиги кескин ортиши хоссасини эътиборга олган ҳолда графитли электрод ёрдамида электр ёй печидан фойдаланилди. Ушбу қурилмада тадқиқотлар олиб бориш учун диаметри 76 мм бўлган графит электродларидан ва ТС-500 трансформаторидан фойдаланилди. Мис қотишмасининг хоссасини эътиборга олган ҳолда остки ва устки электродлар ён томонларга жойлаштирилди.

Қўлланилган флюснинг таркиби 5-жадвалда келтирилган. Хар бир флюс учун учтадан намуна олиниб, тақиқот натижаларининг аниқлигини таъминлаш мақсадида хар бир флюс таркиби алмаштирилганида суяқ ванна юзаси флюсдан тозаланиб борилди.

5-Жадвал

Қўлланилган флюснинг таркиби

№	Флюснинг кимёвий таркиби. %						
	С	CaO	NaCl	CaF ₂	SiO ₂	Fe ₂ O ₃ + FeO	Бошқалар
1	10,0	43,0	10,0	36,0	5,0	4,0	4,0
2	15,0	40,0	10,0	20,0	5,0	7,0	3,0
3	20,0	35,0	15,0	15,0	10,0	4,0	1,0
4	30,0	30,0	10,0	20,0	4,0	5,0	1,0
5	35,0	20,0	15,0	15,0	5,0	8,0	2,0
6	35,0	40,0	5,0	5,0	5,0	6,0	4,0
7	40,0	25,0	10,0	15,0	5,0	5,0	5,0
8	40,0	20,0	10,0	20,0	5,0	6,0	4,0
9	45,0	15,0	20,0	5,0	2,0	2,0	1,0
10	45,0	45,0	4,0	3,0	1,0	1,0	1,0
11	50,0	30,0	10,0	6,0	3,0	1,0	1,0
12	50,0	10,0	10,0	15,0	15,0	7,0	3,0

Иккинчи босқичдаги тажриба электр ёй печида қизиган ишчи қисмига флюс солиниб суяқлантирилди. Флюснинг ҳарорати 800 – 850⁰С га етганида мис қотишмасининг бўлаклари солинди.

Мис қотишмасининг тўлиқ суяқланиши 10-12 дақиқада амалга оширилди. Ишлов бериш жараёни самарали кечиши учун кўшимча 10 дақиқа давомида электр ёй ёрдамида ишлов берилди. Печнинг ишга туширилганидан то суяқ металл олгунга қадар 40-45 дақиқа вақт сарфланди. Олинган натижаларга кўра ҳулоса қилиш мумкинки, юқори ҳарорат (1800-1900⁰С) да мис қотишмасига углерод ёрдамида ишлов берилса, қотишма структурасидаги механик хоссаларга салбий таъсир қиладиган водороднинг 40-43% миқдори ва мис оксиднинг 55-58% миқдори қотишма таркибидан сиқиб чиқарилади. Бунда флюс таркибидаги хлор ва углероднинг мавжудлиги тикланиш реакциясининг самарасининг 35-40%га ошишини таъминлайди. Тиклашнинг асосий 60-65%ни электр ёй ҳосил қилган юқори

ҳароратда графитли электрод таркибидаги углерод бажаради. Металл таркибининг таҳлил натижалари 6-жадвалда келтирилган.

6-жадвал

Флюс ёрдамида суяқлантириш жараёнини амалга оширилганида қотишма таркибидаги нометалл қўшимчаларининг миқдори

т/р	Флюснинг т/р	Қотишмадаги водороднинг миқдори, см ³ /100 гр	Қотишмадаги оксиднинг миқдори, %
1	1	0,34-0,36	4-5
2	2	0,30-0,32	2-3
3	3	0,28-0,30	2-3
4	4	0,34-0,36	4-5
5	5	0,32-0,34	3-4
6	6	0,28-0,30	2-3
7	7	0,42-0,44	6-7
8	8	0,40-0,42	5-6
9	9	0,36-0,38	3-4
10	10	0,37-0,39	3-4
11	11	0,34-0,36	3-4
12	12	0,32-0,34	2-3

Келтирилган тадқиқот натижаларидан келиб чиқиб, флюснинг таркибида 15-20% миқдорда эркин углерод бўлиши олинаётган мис қотишмасининг оксидланишини, яъни куйишини 55-60%га камайишини таъминлаш учун кифоя эканини кўрамыз. Таркибида 50% миқдорда эркин углерод мавжуд бўлган флюс ҳам деярли шундай самара кўрсатди, лекин 2 ва 3 тартибдаги флюсларнинг таннархи 12 – тартибдаги флюснинг таннархидан арзонлигини эътиборга олганда, 2- ва 3- тартибдаги флюслардан фойдаланиш самарали экани кўринади.

Шундай қилиб, мис қотишмаларини суяқлантиришда ресурс тежамкорлигини таъминлаш учун ҳимоя воситаси сифатида таркибида 15-20% углерод булган СаО асосли флюс ёрдамида юқори ҳароратда ишлов бериш жараёнини амалга ошириш керак.

Мис қотишмаларини суяқлантириш даврида ресурс тежамкорлигини таъминлайдиган ҳимоя флюсининг таркибини ишлаб чиқиш учун олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулоса қилиш мумкин:

1. Мис қотишмасига углерод ёрдамида ишлов берилса, қотишма структурасидаги механик хоссаларга салбий таъсир қиладиган водороднинг миқдори 35-38%га камаяди.
2. Мис қотишмасига углерод ёрдамида ишлов берилса, қотишмадаги мис оксиднинг 45-48% миқдори қотишма таркибидан сиқиб чиқарилади.
3. Ресурс тежамкорлигини таъминлаш учун ҳимоя воситаси сифатида таркибида 15-20% углерод булган СаО асосли флюс ёрдамида 1800-1900⁰С даги юқори ҳароратларда ишлов бериш керак.

ХУЛОСА

«Мис қотишмаларини суюқлантириш даврида ресурс тежамкорлигини таъминлайдиган технологияни ишлаб чиқиш» мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Индукцион печи, электр каршилиқ печи ва электршлак печларида мис қотишмаларини суюқлантириш даврида шихтани печга юклашдан олдин $400-500^{\circ}\text{C}$ гача қиздириш қотишма таркибидаги водород миқдорини 0,62 дан 0,33 $\text{cm}^3/100$ гр гача камайишини таъминиши аниқланди. Бу маълумотлар асосида электр печларидан олинadиган мис қотишмаларининг таркибидаги нометалл қўшимчаларнинг миқдорини камайтиришда муҳим аҳамият касб этади.

2. Индукцион печларида мис қотишмаларини суюқлантиришда печга юкланаётган шихтани $450-550^{\circ}\text{C}$ гача қиздирилганда металлнинг куйиш миқдори 8-10%га камайиши аниқланди. Бу натижалар асосида индукцион печларидан олинadиган мис қотишмаларининг куйиш орқали бўладиган ресурс йўқотишларининг миқдорини камайтиришда муҳим аҳамият касб этади.

3. Индукцион печи, электр каршилиқ печи ва электршлак печларида мис қотишмаларини суюқлантиришда шихтани печга юклашдан олдин 200°C гача қиздириш, металлнинг куйишини 1-2%га камайишини таъминланиши аниқланди. Олинган натижалар ресурс тежамкорлигини таъминлаш технологияларини ишлаб чиқиш имконини беради.

4. Суяқ мис қотишмасини 1828°C дан юқори ҳароратларда углерод муҳитида ишлов берилганида қотишма таркибидаги водород миқдори 20-22%га камайишининг таъминланиши аниқланди. Бу натижалар газ ғовақлари кам бўлган қуйма махсулотлар олиш учун мис қотишмаларини суюқлантириш даврида унга ишлов бериш режимини ишлаб чиқиш учун муҳим аҳамият касб этади.

5. Мис қотишмасига углерод ёрдамида ишлов берилса, миснинг оксидидан унинг 10-12% миқдорини тиклаш имкони яратилади. Бу натижалар мис қотишмаларини суюқлантиришда ҳимоя флюсларининг таркибини ишлаб чиқишда муҳим аҳамият касб этади.

6. Ресурс тежамкорлигини таъминлаш учун ҳимоя воситаси сифатида таркибида 15-20% углерод булган СаО асосли флюс ёрдамида $1800-1900^{\circ}\text{C}$ даги юқори ҳароратда ишлов бериш керак. Олинган натижалар ресурс тежамкорлигини таъминлаш технологияларини амалга оширишда ҳимоя флюсларининг самарали таркибини ишлаб чиқиш учун хизмат қилади.

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

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ЯКУБОВ ЛАЗИЗХАН ЭРГАШХАНОВИЧ

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЕДЕНИЯ ПЛАВКИ
МЕДНЫХ СПЛАВОВ**

**05.02.01 – Материаловедение в машиностроении. Литейное производство.
Термическая обработка и обработка металлов давлением. Металлургия чёрных,
цветных и редких металлов (Литейное производство и обработка металлов)**

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

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2018.2.PhD/Т730.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

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

Научный руководитель: **Тураходжаев Нодир Джахонгирович**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Абдуллаев Фатхулла Сагдуллаевич**
доктор технических наук, профессор

Шазимов Анартой Олжабаевич
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: **Ташкентский институт инженеров
железнодорожного транспорта**

Защита диссертации состоится «23» февраля 2019 года в 10⁰⁰ 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, 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 № 112). (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.:(99871)227-10-32.)

Автореферат диссертации разослан «8» февраля 2019 года.

(реестр протокола рассылки № 45 от «6» февраля 2019 года).

К.А.Каримов

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

Р.У.Шукуров

Ученый секретарь научного совета по присуждению
ученых степеней, д.т.н., профессор

Р.М.Михридинов

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии по техническим наукам (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире формирование сырьевой базы чёрных и цветных металлов, а также обеспечение ресурсо-и энергосбережения имеет особое значение. Вместе с тем, разработка ресурсосберегающих технологий при плавке медных сплавов и получения из них литых изделий является одним из важных задач. В этом отношении в ряде научно-исследовательских центрах ведущих стран мира, в том числе в США, Англии, Германии, Испании, России, Японии, Китае и других стран особое внимание уделяется получению качественных изделий из медных сплавов при обеспечении ресурсосбережения.

В мире ведутся обширные научно-исследовательские работы по обеспечению ресурсосбережения при плавке медных сплавов. В этом направлении, в частности, в разработке конструкций печей для плавки медных сплавов с высоким коэффициентом полезного действия, в разработке состава флюса для плавки в печи, в применении ресурсосберегающей технологии для плавки медных сплавов, в разработке режимов плавки способствующих предотвращению диффундирования неметаллических включений в расплав, в разработке технологий плавки легкоокисляемых сплавов с минимальными потерями на угар являются актуальными задачами. Вместе с тем, разработка технологии обеспечивающей получению качественных изделий при плавке стружки и отходов производства является важной задачей.

В нашей Республике широко используется производство медных сплавов и получение из них литых изделий, а также применяются меры по обеспечению ресурсосбережения при плавке медных сплавов. В Стратегии Развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годы, отмечаются задачи, в частности «... укрепление стабильности макроэкономики и удержание высоких темпов развития экономики, повышение конкурентоспособности национальной экономики, ... снижение ресурсо-и энергозатрат в экономике, широкое внедрение в производство технологий обеспечивающих энергосбережений»². Выполнение этих задач, в частности производство качественных изделий из чёрных и цветных металлов и их сплавов, обеспечение соответствия получаемых литых изделий мировым стандартам по качеству, дизайну и себестоимости, разработка ресурсосберегающей технологии ведения плавки медных сплавов считается одним 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

² №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

№ 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-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 приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики II «Энергетика, энергия и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. В мировой практике проводились ряд исследовательских работ по разработке технологий плавки медных сплавов в различных печах, повышению качества получаемых сплавов и снижению потерь металла за счёт угара. Учёные ведущих стран мира, такие как Salvador Rovira, Ignacio Montero-Ruiz и Martina Renzi (Англия, Испания) провели исследования по разработке ресурсосберегающей технологии плавки руды олова и бронзы для получения медных сплавов. В этих исследованиях руда олова применялась как защитное средство, что позволило снизить угар меди на 5-6%. Учёные из Америки и Германии Frances Hayashida, Izumi Shimada, David J Killick и Ursula Wagner исследовав процесс окисления меди при его плавке, разработали график взаимосвязи между футеровкой плавильной печи и угара меди.

Для разработки технологии плавки медных сплавов, ученые из стран СНГ В.А.Измайлов и А.Н.Коновалов разработали состав флюса на основе фосфата кальция и силиката кальция для плавки алюминиевых и хромистых бронз, позволяющего снизить угар металла. А.Н.Коновалов разработал технологию восстановления оксида меди с помощью циркония при температурах от 1100 до 1400⁰С. Э.Б.Тен, И.Б.Бадмажапова, Б.М.Киманов добились восстановления меди до 3-4% с помощью углерода.

Над обеспечением ресурсосбережения при получении медных сплавов ведут научно-исследовательские работы ученые Узбекистана (А.А.Юсупходжаев, К.С.Санакулов, М.М.Якубов, А.Хасанов и др.). Ученые Узбекистана А.А.Юсупходжаев, К.С.Санакулов, А.Хасанов разработали технологию снижения меди в отвальных шлаках с 0,6-0,8% до 0,3-0,4%. Профессор М.М.Якубов разработал сравнительную оценку эффективности различных материалов при их восстановлении. Несмотря на достигнутые результаты по ресурсо и энергосбережению при плавке медных сплавов, ещё имеются много нерешённых проблем. В том числе не разработана оптимальная ресурсосберегающая технология за счет снижения угара в процессе плавки медных сплавов, не разработан эффективный состав защитного флюса для плавки медных сплавов, обеспечивающий ресурсосбережения в процессе плавки в плавильной печи.

Для решения вышеуказанных проблем необходимо разработать технологию, обеспечивающую ресурсосбережение при плавке медных

сплавов, разработать состав защитного флюса и усовершенствовать режим плавки для снижения угара при плавке медных сплавов.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего учебного заведения, где выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в соответствии с планами научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета в рамках проектов 24/10-02-3865/10 по теме «Разработка флюсов и технологии электрошлакового переплава из стружки, лома, отходов цветных металлов, для получения слитков латуни, бронзы, алюминия в условиях ЦРМЗ АО «АГМК» в количестве 10 штук» (2010 г.), 19/13/02-1465 юр по теме «Разработка технологии переплава шихты медных сплавов для кокильного литья в условиях ЦРА и СТ ЦРМЗ» (2013 г.).

Цель исследования состоит в разработке ресурсосберегающей технологии за счет уменьшения количества угара в процессе плавки медных сплавов.

Задачи исследования:

- разработка технологии плавки медных сплавов обеспечивающей ресурсосбережение за счет снижения угара;
- разработка состава защитного флюса обеспечивающего снижению угара при плавке медных сплавов;
- разработка технологии восстановления меди из его оксидов в процессе ведения плавки медных сплавов;
- разработка режима нагрева шихты перед загрузкой в плавильную печь обеспечивающего снижения угара при плавке медных сплавов;
- разработка технологии плавки медных сплавов позволяющей увеличить содержание стружки в шихте;
- разработка технологии нагрева шихты, плавки и перегрева расплава, позволяющей снизить оксидных и газовых включений в медных сплавах.

Объект исследования – медные сплавы бронза БрОЦС 5-5-5 и латуни марок Л68 и Л62.

Предмет исследования – процесс нагрева шихты перед загрузкой в плавильную печь, её расплавление и перегрев в жидкой ванне, технологии плавки медных сплавов в печи при помощи флюса различного состава в качестве защитного средства между атмосферой печи и жидким металлом.

Методы исследования. В диссертации применены современные теоретические и практические методы исследований медных сплавов, использованы основы вакуумной экстракции для определения количества водорода в расплаве, определение газовой пористости по стандартной шкале, обобщённый метод Харрингтона для определения качества.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

- разработана технология высокотемпературной обработки медных сплавов обеспечивающей ресурсосбережения при плавке;
- разработан состав флюса с содержанием углерода до 15-20%, что обеспечивает снижение угара в 1,2-1,4 раза;

разработан режим нагрева шихты в плавильной печи, обеспечивающей снижение угара на 4-6%;

разработана технология плавки, позволяющая увеличить содержания стружки в шихте на 10-15%;

разработана технология нагрева, плавления и перегрева шихты, позволяющая снизить содержания оксидных и газовых включений в сплаве.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования обусловлена множеством количеств экспериментальных исследований и обработки полученных данных математическим моделированием, определением физико-механических и эксплуатационных свойств полученных применением современной техники и технологий, а также сравнением результатов с помощью физико-математических формул.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследований обусловлена определением степени зависимости диффундирования неметаллических включений в расплав от химических реакций составляющих защитного флюса при высоких температурах.

Практическая значимость исследований обусловлена обеспечением ресурсосбережения до 8-10% за счет применения разработанной технологии и флюса для обеспечения этой технологии.

Внедрение результатов исследования. Полученные в результате исследований по разработке ресурсосберегающей технологии в ведение плавки медных сплавов внедрены:

технология ведения плавки медных сплавов в электрошлаковой печи со ступенчатым повышением напряжения в электроде внедрена на АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» для снижения угара металла (справка UA-10342 АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» от 20 мая 2018 года). Внедрение разработанной технологии позволило снизить угар металла на 15-17%;

технология переплава стружки в электрошлаковой печи внедрена на АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» для увеличения содержания стружки в расплавляемой шихте (справка №UA-10342 АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» от 20 мая 2018 года). Внедрение разработанной технологии позволило увеличить содержание стружки в расплавляемой шихте на 10-12%;

разработанный состав флюса в качестве защитного покрова при плавке медных сплавов внедрён на АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» для снижения капитальных затрат за счёт угара металла (справка №UA-10342 АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» от 20 мая 2018 года). Внедрение разработанной технологии позволило сократить капитальные затраты на плавку в 1,2-1,4 раза;

разработанный режим нагрева, оплавления и перегрева медных сплавов в электрошлаковой печи внедрён на АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» для снижения угара металла при плавке (справка №UA-10342 АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат»

от 20 мая 2018 года). Внедрение разработанного режима позволило снизить угар металла на 10-15%.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования диссертации были обсуждены на 9 научно-практических конференциях, в том числе на 5 международных и 4 республиканских конференциях и симпозиумах.

Публикация результатов исследования. По материалам диссертации опубликованы 15 научных работ. Из них 5 статей, в том числе 4 в республиканских и 1 в зарубежном журнале, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации доктора философии (PhD).

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

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность исследования, сформулированы цели и задачи исследования, выявлены объект и предмет исследования, показано соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологии республики, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована надежность полученных результатов, раскрыты их научные и практические значения, приведены сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Анализ печей и технологий, обеспечивающих ресурсосбережение при разжижении медных сплавов»** показаны типы печей используемые для плавки медных сплавов, процессы происходящие в них при плавке медных сплавов, процесс диффундирования неметаллических и газовых включений в состав медных сплавов в разных типах печей. В этой главе изложены результаты исследований по разработке технологий, обеспечивающих ресурсосбережение при плавке медных сплавов и приведены результаты ведущихся научных исследований.

В настоящее время потеря металла при плавке медных сплавов из-за технологии, разработанной корпорациями, фирмами и организациями разных стран, сократилась почти вдвое по сравнению с 1980-2000 годами. Ведущие мировые ученые, в том числе испанские и английские исследователи Salvador Rovira, Ignacio Montero-Ruiz и Martina Renzi вели научно-исследовательские работы по технологии плавки бронзы с оловянной рудой при получении медных сплавов. В этих исследованиях для плавки медных сплавов оловянная руда использовалась как средство защиты, что позволило снизить процент угара до 12-14%. Ученые из Америки и Германии Frances Hayashida, Izumi Shimada, David J Killick и Ursula Wagner исследовали величину горения соединений меди при окислении и разработали график зависимости от диоксида и объема котельных печей. Благодаря разработанной технологии графического впрыска это позволило снизить количество угара до 15-17%

Ученые из СНГ В.А.Измайлов, А.Н.Коновалов разработали состав фосфата кальция и силикатного флюса, содержащие соли кальция, способствующие уменьшению угара при плавке медных сплавов, в том числе алюминия и хромовой бронзы. Усовершенствованная технология амортизации меди с использованием технологии позволила сэкономить до 20% ресурсов металла. А.Н.Коновалов разработал технологию восстановления оксида меди при 1100-1400⁰С. Благодаря этой технологии оксид меди был восстановлен до 8-10%. Э.Б.Тен, И.Б. Бадмажапова, Б.М.Киманов разработали методы восстановления жидкой меди воздействием углерода. Восстановление меди до 12% достигается с помощью этого метода восстановления, используемого при температурах 1200-1300⁰С. В результате исследований, проведенных узбекскими учеными, изготовление котировки медных сплавов из шлаков достигли 45-50%. Проведены научно-исследовательские работы по ресурсосбережению при изготовлении медных сплавов. А.А.Юсупходжаев, К.С.Санакулов, М.М.Якубов, А.Хасанов добились освобождения более 1000 кв.м территории занятой производственным шлаком. Узбекские ученые А. А. Юсупходжаев, К. С. Санакулов и А. Хасанов разработали технологию производства слябов из 0,6-0,8% сульфида меди и снизили количество меди в пульпе до 0,3-0,4%. Профессор М.Якубов разработал технологию катодной обработки меди, что позволило повысить их механических свойств на 7-8%.

Было отмечено, что основные потери ресурсов в период плавки медных сплавов протекают в период перегрева. Необходимо создать технологию, позволяющую экономить металлические ресурсы на основе предотвращения окисления в период переплава.

Во второй главе диссертации «**Методы выбора объектов и методы исследования**» описан метод определения количественных показателей угара медных сплавов, метод определения количества газа и окислов в приемной последовательности, а также метод определения обобщенных показателей качества полученной методом Харрингтона.

Количество водорода, содержащегося в медном сплаве, определяли вакуумной экстракцией. Чтобы обеспечить полный выход газа из высоковакуумного образца, нагревают образец и вначале используют форвакуумный насос до уровня 10⁻² мм., затем с помощью диффузионного насоса уровень вакуума достигается до 10⁻⁶ - 10⁻⁷мм. Изменения давления в системе определялись манометром Мак-Leod. Газы, отделенные от образца, пропускались диффузионным насосом в аналитическую часть устройства. Контроль вакуума проводился с помощью вакуумметра ВТ-3. Количество водорода в образце определялось по формуле, которая учитывает изменение давления во время эксперимента, размер аналитической части устройства, атмосферное давление, комнатную температуру и изменение давления в манометре Мак-Леода.

Поры газа в медном наконечнике определялись по шкале пористости. Это было сделано путем сравнения размера пор по три квадратных метра в разных частях образца со шкалой пор и эталонной таблицей. Количество

оксида меди определяли фотометрическим и концентрационным методами. В первом методе очищенный образец весом 1,0 грамм помещали в колбу объемом 50 см³, вставленную в реакционную смесь. Реакционный раствор готовили при комнатной температуре. После испарения образца в пробирку добавляли реакционную смесь объемом 5 см³ и плавление при 45-50°C продолжали в течение 10-15 минут. Оптическую плотность отфильтрованного раствора определяли легковоспламеняющимся фотометром PFM. Масса оксида меди выводилась пропорционально массе его образца. Для получения образцов исследования проводились в индукционных печах, электростатических печах сопротивления и графитовых электрошлаковых печах. ТХА -термоэлектрический пирометр использовался для контроля загрузки загруженной жидкости, жидкого металла в ванне и электрического штабелирования. Примеры случаев последующей обработки были получены, когда образцы медного сплава были нагреты до температур 20°C, 200°C, 400°C и 500°C, с загрузкой шихты с защитным слоем на поверхности жидкого металла и без защитного слоя, путем нагревания графитовыми электродами и после обработки в камерах плавления. Нагревание методом электрической дуги проводилось в плавильных и нагревательных камерах. Для каждого метода было взято от пяти до семи образцов. При получении образцов использовались черпаки позволяющие избежать окисления. Микроструктуру образцов изучали с помощью металлографического микроскопа МИМ-8 и электронной микроскопии РЭМ-200. Микрошлифы готовили с использованием обычных методов. Масс-спектрометрия, методы спектрального анализа были использованы для расчета количества добавок, содержащихся в медном сплаве. Функция желательности Харрингтона была использована для определения качества получаемого медного сплава. В то же время каждой функции желательности были приведены к конкретному желанию, а общее желание из набора личных желаний рассматривалось как усредненный геометрический показатель. В качестве личного пожелания было рассмотрено количество водорода в медном сплаве, количество оксида в медном сплаве и количество угара медного сплава при плавке.

Третья глава диссертации **«Разработка технологии обеспечения ресурсосбережения при плавке медных сплавов»** посвящена разработке технологии ресурсосбережения при плавке медных сплавов, нагреванию шихты перед погрузкой в печь и обработке внутри печи.

В лабораторных условиях кафедры «Технологии литейного производства» Ташкентского государственного технического университета и кафедры «Технологии машиностроения» Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета были проведены исследования по плавке медных сплавов, в частности латуни и бронзы. Исследование было посвящено методике определения степени угара металла в процессе плавки, определению влияния режимов нагрева предварительно загруженного металла на количество угара и режима ведения плавки.

Для этой цели на лаборатории кафедры были установлены ряд электропечей, в том числе электрическая печь сопротивления производительностью 50 кг/час, индукционная печь производительностью 60 кг/час и электрошлаковая печь с графитовым электродом производительностью 25 кг/час. Процесс плавки производилась в трех режимах: загрузка нагретой шихты в индукционную печь, загрузка не нагретой шихты в индукционную печь, загрузка нагретой шихты в печь с электросопротивлением, загрузка не нагретой шихты в печь с электросопротивлением, загрузка нагретой шихты в электршлаковую печь, загрузка не нагретой шихты в электршлаковую печь. До процесса загрузки для прогнозирования производительности использовалась индукционная печь с производительностью 60 кг/час. Перед загрузкой в печь стружку нагрели до температур 20°C, 100°C, 200°C, 400°C и 500°C. Количество водородных и оксидных включений в сплаве, после нагрева шихты перед загрузкой в печь при вышеуказанных температурах, приведен в таблице 1.

Таблица 1.

Количество водородных и оксидных включений в сплаве, после нагрева шихты перед загрузкой в печь

№	Температура загружаемой шихты, °С	Количество водорода в сплаве, см ³ /100 гр	Количество оксида в сплаве, %
1	20	0,60-0,62	10-12
2	100	0,55-0,60	8-10
3	200	0,52-0,55	7-8
4	400	0,40-0,42	5-6
5	500	0,33-0,35	4-5

На основании результатов исследования был проведен следующий этап исследования с использованием трех типов электрических печей. Плавка медных сплавов велась следующим образом:

1. Шихта загружалась в печи после нагревания до следующих температур 200-250°C, 300-400°C, 450-550°C, 600-700°C;
2. В состав шихты стружка и производственные отходы были введены в объеме от 10 до 50%;
3. При плавке медных сплавов в одном и том же режиме использовались электрическая печь сопротивления, индукционная печь и электрошлаковая печь;
4. Исходя из количества стружки в составе шихты: шихта с 10% составом стружки -15 кг/час, шихта с 15-25% составом стружки -20 кг/час и шихта с 30-50% составом стружки -25 кг/час;
5. Полученный металл и количество угара определялось аналитическими весами;

6. Количество газовых и оксидных включений, содержащихся в сплаве, было получено вакуумной экстракцией с использованием оборудования лабораторий СП «УзАвтоИнзи», АО «АГМК» и АО «Узметкомбинат».

Первым этапом было определение оптимального режима плавки медных сплавов. Для нагрева шихты были выбраны следующие четыре режима в интервалах температур 200-250°C, 300-400°C, 450-550°C и 600-700°C. В то же время количество стружки, содержащейся в шихте, было подобрано в интервале 10-50%. В таблице 2 показаны результаты плавки, полученных при различных температурах нагрева шихты перед загрузкой в печь.

Таблица 2.

Результаты плавки, полученных при разных температурах нагрева шихты перед загрузкой в печь.

№	Режим плавки	Температура нагрева шихты перед загрузкой в печь, °С	Количество оксида в полученном сплаве, %
1	Температура шихты перед загрузкой в индукционную печь	200-250	4-5
2		300-400	2-4
3		450-550	2-3
4		600-700	4-5
5	Температура шихты перед загрузкой в печь сопротивления	200-250	6-7
6		300-400	4-5
7		450-550	3-4
8		600-700	5-6
9	Температура шихты перед загрузкой в электрошлаковую печь	200-250	7-9
10		300-400	6-7
11		450-550	5-6
12		600-700	7-8

По результатам исследований видно, что влияние разогрева шихты до 450-550°C перед загрузкой сильно влияет на качество сплава. Это связано с образованием на поверхности шихты поверхностных газовых включений и последующим их диффундированием в металл при температуре выше

600°C. Для определения влияния на получаемый состав сплава и режима предварительного нагревания шихты был проведен второй этап исследования. В таблице 3 показаны составы сплавов, полученных при предварительном нагреве шихты в различных режимах плавки.

Таблица 3.

Составы сплавов, полученные при предварительном нагреве шихты в различных режимах плавки

№	Режим сжижения	Количество водорода в сплаве, см³/100 гр	Количество оксида в сплаве, %
1	После нагрева шихты до температуры 200 ⁰ С перед загрузкой в индукционную печь	0,34-0,36	4-5
2	Без предварительного нагрева шихты перед загрузкой в индукционную печь	0,40-0,42	6-8
3	После нагрева шихты до температуры 200 ⁰ С перед загрузкой в электрическую печь сопротивления	0,38-0,40	6-7
4	Без предварительного нагрева шихты перед загрузкой в электрическую печь сопротивления	0,44-0,46	7-8
5	После нагрева шихты до температуры 200 ⁰ С перед загрузкой в электрошлаковую печь	0,52-0,54	7-9
6	Без предварительного нагрева шихты перед загрузкой в электрошлаковую печь	0,55-0,56	8-9

Из приведенных результатов исследований видно что, в составе сплава полученного из электрошлаковой печи количество неметаллических

включений высокое и предварительное нагревание шихты в этих печах мало влияет на качество получаемого сплава. Вместе с тем, нагрев шихты перед загрузкой в индукционные печи имеет большое влияние на качество получаемого сплава.

Третий этап экспериментальных исследований связан с процессом переработки жидкого расплава при высоких температурах. В связи с тем, что температура в индукционных печах и печах сопротивления составляет менее 1800°C , эти исследования проводились в электрошлаковых печах. Использовалась печь с производительностью 25 кг/час. Исследование проводилось в два этапа: на этапе 1 температура рабочего пространства была повышена до $1100-1200^{\circ}\text{C}$; на этапе 2 температура рабочего пространства была увеличена до $1400-1500^{\circ}\text{C}$. Температура рабочего пространства рассчитывалась на основе электрического тока, генерируемого между нижним и верхними графитированными электродами. Электрод с целью генерации электростатической дуги и температуры использовался кокс со средним диаметром 40-50 мм и трансформатор TS-500 с переменным током в качестве источника электричества.

Для плавки медного сплава применялся следующий процесс:

1. После электростатической обработки температура рабочего пространства печи достигала $1100-1200^{\circ}\text{C}$;
2. Загрузка шихты в печь производилась после того, как температура рабочего пространства достигла $1400-1500^{\circ}\text{C}$;
3. Во время расплавления шихты в ванне проводилась высокотемпературная обработка с электрическим приводом при $1500-1600^{\circ}\text{C}$, $1600-1700^{\circ}\text{C}$ и $1700-1800^{\circ}\text{C}$;
4. Для обеспечения химических реакций температура поддерживалась в течение 10-15 минут, чтобы создать постоянную структуру;
5. Слив готового сплава в металлические изложницы производили через лётку.

Четвертый этап был проведен для определения оптимального режима обработки при высоких температурах после того, как медные сплавы были перегреты. Следующие четыре режима были выбраны для перегрева расплава: при температурах в интервалах $1500-1600^{\circ}\text{C}$, $1600-1700^{\circ}\text{C}$ и $1700-1800^{\circ}\text{C}$.

В таблице 4 показаны результаты исследований для определения оптимального режима обработки при высоких температурах после расплавления. Результаты показывают, что независимо от температуры нагрева шихты перед загрузкой в печь, резкое снижение содержания водорода и оксида в составе сплавов, в процессе обработки будет при температурах $1800-1900^{\circ}\text{C}$. Результаты исследования могут быть обобщены следующим образом: для того чтобы снизить содержание оксида в сплаве то есть для обеспечения экономии ресурсов на основе уменьшения угара металла, медные сплавы необходимо нагреть до $450-550^{\circ}\text{C}$ перед загрузкой в индукционную печь, а перегрев необходимо производить при температурах $1800-1900^{\circ}\text{C}$. В то же время, при плавке медных сплавов в электрических

печах, жидкую ванну следует обрабатывать при температуре 1800-1900°С в графитовой среде. В таблице 4 приведены результаты исследований при высокотемпературной обработке медных сплавов с использованием углеродосодержащих компонентов.

Таблица 4.

Результаты исследований для определения оптимального режима обработки при высоких температурах после расплавления

№	Температура обработки жидкого расплава при помощи графита в печи, °С	Количество водорода в расплаве, см ³ /100 гр	Количество оксида в расплаве, %
1	1500-1550	0,52-0,54	5-7
2	1600-1650	0,50-0,52	5-6
3	1700-1750	0,50-0,52	5-6
4	1800-1850	0,40-0,42	2-4
5	1900-1950	0,33-0,35	2-3

В то же время, высокие температуры в электрошлаковых печах производятся локально в электрическом поле. По периферии температура резко падает, а эффективность снижается. Это объясняется наличием углерода из перегреваемого кокса, помещенного между электродами.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Нагревание шихты перед загрузкой в индукционную печь, электрическую печь сопротивления и электрошлаковую печь до 400-500°С обеспечивает снижение содержания водорода в расплаве с 0,62 до 0,33 см³/100 г.
2. Нагревание шихты перед загрузкой в индукционную печь до 450-550°С обеспечивает снижение угара металла на 8-10%.
3. Нагревание шихты перед загрузкой в индукционную, электрическую печь сопротивления и электрошлаковую печи до 200°С обеспечивает снижение угара металла на 1-2%.
4. Когда жидкий медный сплав обрабатывается в среде углерода при температуре 1800-1900°С, обеспечивается снижение концентрации водорода в сплаве до 60-65%, а содержание оксида меди до 50-55%.

Четвертая глава диссертации **«Разработка состава защитного флюса обеспечивающая экономию ресурса в процессе плавки медных сплавов»** посвящена разработке состава защитного флюса для плавки медных сплавов в различных печах.

Исходя из результатов исследований по разработке технологии ресурсосбережения в период плавки меди, предварительного нагрева и обработки в печи, эффективность высокотемпературного процесса в углеродной среде является высокой. На основании полученных результатов состав применяемых флюсов определялся при режиме нагрева шихты до

температуры 450-500⁰С. В данной части исследований были применены 12 видов флюса. Для обеспечения необходимой среды с требуемым количеством свободного углерода, использовали графитовый электрод в качестве источника дуги. С учетом резкого увеличения активности углерода при более высоких температурах (свыше 1828⁰С), применялся флюс с различным содержанием углерода. Для обеспечения температурного режима, нагрев производили посредством кокса и использовались графитовые электроды диаметром 76 мм, а также трансформатор переменного тока TS-500. Принимая во внимание свойства медного сплава, нижние и верхние электроды были размещены по бокам печи.

Состав применяемого флюса приведен в таблице 5. Для каждого состава флюса отбирали по три образца сплава, а количество экспериментов для каждого состава флюса составлял от пяти до семи раз.

Таблица 5.

Состав применяемого флюса

№	Химический состав флюса. %						Другие элементы
	С	CaO	NaCl	CaF ₂	SiO ₂	Fe ₂ O ₃ + FeO	
1	10,0	43,0	10,0	36,0	5,0	4,0	4,0
2	15,0	40,0	10,0	20,0	5,0	7,0	3,0
3	20,0	35,0	15,0	15,0	10,0	4,0	1,0
4	30,0	30,0	10,0	20,0	4,0	5,0	1,0
5	35,0	20,0	15,0	15,0	5,0	8,0	2,0
6	35,0	40,0	5,0	5,0	5,0	6,0	4,0
7	40,0	25,0	10,0	15,0	5,0	5,0	5,0
8	40,0	20,0	10,0	20,0	5,0	6,0	4,0
9	45,0	15,0	20,0	5,0	2,0	2,0	1,0
10	45,0	45,0	4,0	3,0	1,0	1,0	1,0
11	50,0	30,0	10,0	6,0	3,0	1,0	1,0
12	50,0	10,0	10,0	15,0	15,0	7,0	3,0

Во втором этапе данных экспериментальных исследований медный сплав был расплавлен с добавлением флюса в горячей рабочей части электрошлаковой печи. Когда температура флюса составляла от 800 до 850⁰С, добавляли фрагменты медного сплава. Полное расплавление медного сплава проводилось через 10-12 минут. Процесс был обработан дополнительным 10-минутным электрическим ходом для эффективного поглощения процесса. От запуска печи до полного расплавления сплава потребовалось 40-45 минут.

Согласно результатам, можно сделать вывод, что когда медный сплав обрабатывается диоксидом углерода при высоких температурах (1800-1900⁰С), на содержание 40-43% водорода и 55-58% оксида меди негативно влияют механические свойства структуры сплава. В то же время

присутствие хлора и углерода во флуоресценции повысит эффективность реакции кипения на 35-40%. Основные 60-65% перезарядки покрывают углерод в графитовых электродах при высоких температурах, создаваемых электрическим током. Результаты анализа содержания металлов приведены в Таблице 6.

Таблица 6.

Количество неметаллических добавок в составе сплава при процессе сжижения при помощи флюса

№	№ Флюса	Количество водорода в сплаве, см³/100 гр	Количество оксида в сплаве, %
1	1	0,34-0,36	4-5
2	2	0,30-0,32	2-3
3	3	0,28-0,30	2-3
4	4	0,34-0,36	4-5
5	5	0,32-0,34	3-4
6	6	0,28-0,30	2-3
7	7	0,42-0,44	6-7
8	8	0,40-0,42	5-6
9	9	0,36-0,38	3-4
10	10	0,37-0,39	3-4
11	11	0,34-0,36	3-4
12	12	0,32-0,34	2-3

Основываясь на результатах этого исследования, мы находим, что содержание флюса является достаточным для того, чтобы содержание меди составляло примерно 15-20% без диоксида углерода, то есть до 55-60%.

Флюс, который содержит 50% свободного углерода, дал почти такой же эффект, но учитывая, что стоимость 2-го и 3-го флюсов дешевле стоимости флюса 12-го номера, флюсы №2 и №3 более эффективны. Таким образом, необходимо выполнить высокотемпературную обработку фторидом на основе СаО, содержащим 15-20% углерода, в качестве средства защиты от риска разжижения медных сплавов.

В результате исследований по разработке защитного флюса, который обеспечивает экономию ресурсов при плавке медных сплавов, можно сделать следующие выводы:

1. При обработке медных сплавов углеродом, количество водорода, отрицательно влияющего на механические свойства сплава, снижается до 35-38%.
2. При обработке медных сплавов в среде углерода, достигается восстановление меди из его окислов до 45-48%.
3. Для обеспечения экономии ресурсов медный сплав следует обрабатывать при температуре 1800-1900°С под слоем флюса на основе СаО, содержащей 15-20% углерода для защиты от атмосферы печи.

ВЫВОДЫ

На основании результатов исследований по диссертационной работе на соискание учёной степени доктора философии (PhD) по техническим наукам на тему: «Разработка технологии, обеспечивающей ресурсосбережение при сжижении медных сплавов», были сделаны следующие выводы:

1. Нагревание шихты перед загрузкой в индукционную печь, электрическую печь сопротивления и электрошлаковую печь до 400-500°C обеспечивает снижение содержания водорода в расплаве с 0,62 до 0,33 см³/100 г. Эти выводы могут быть применены при разработке технологий по уменьшению количества неметаллических включений в медных сплавах получаемых из электрических печей.

2. Нагревание шихты перед загрузкой в индукционную печь до температуры 450-550°C, обеспечивает снижение угара металла на 8-10%. Эти выводы могут быть применены при разработке технологий для уменьшения количества потерь ресурса за счёт угара медных сплавов получаемых из индукционных печей.

3. Нагревание шихты перед загрузкой в индукционную печь, электрическую печь сопротивления и электрошлаковую печь до 200°C обеспечивает снижение угара металла на 1-2%. Полученные результаты могут быть использованы при разработке ресурсосберегающих технологий плавки медных сплавов.

4. При обработке медного расплава углеродосодержащим материалом при температуре свыше 1828°C, может быть обеспечено снижение концентрации водорода в сплаве до 20-22%. Эти выводы могут быть применены при разработке режима обработки медных сплавов для получения отливок с минимальными газовыми порами.

5. Обработка медных сплавов углеродом, способствует восстановлению меди из его окислов до 10-12%. Эти выводы могут быть применены при разработке состава защитных флюсов служащих для уменьшения угара медного сплава посредством окисления.

6. Для обеспечения экономии ресурсов следует произвести высокотемпературную обработку медного расплава при температурах 1800-1900°C посредством флюса на основе СаО, содержащей 15-20% углерода. Полученные результаты могут быть использованы для разработки эффективных составов защитных флюсов для обеспечения ресурсосберегающих технологий плавки медных сплавов.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.28.02.2018.T.03.04 ON THE ADMISSION OF
SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT STATE TECHNICAL
UNIVERSITY AND THE NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN**

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

YAKUBOV LAZIZKHAN ERGASHKHANOVICH

**RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY OF MANUFACTURING
MELTING OF COPPER ALLOYS**

**05.02.01 - Materials Science in Mechanical Engineering. Foundry. Heat
treatment and treatment of metals by pressure. Metallurgy of ferrous, non-
ferrous and rare metals (foundry production and head treatment metals
sciences)**

ABSTRACT

Of thesis of Doctor of Philosophy (Phd) in Technical Sciences

Tashkent - 2019

The theme of the Ph.D. in technical sciences was registered in the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan for B2018.4.PhD/T730.

The thesis was performed at the Tashkent State Technical University.

The abstract of the thesis in two languages (Uzbek, Russian and English (summary)) is available on the website (www.tdtu.uz) and the information and educational portal "Ziyonet" (www.ziyonet.uz).

Scientific supervisor:	Turakhodjaev Nodir Djakhongirovich doctor of technical sciences, professor
Official opponents:	Abdullaev Fatkhulla Sagdullaevich doctor of technical sciences, professor
	Shazimov Anartoy Oljabaevich doctor of philosophy, ass. professor
Lead organization:	Tashkent Institute of Railway Transport Engineers

Defense of the thesis will be held «23» february 2019 at 10⁰⁰ hours at a meeting of the Scientific Council DSc.28.02.2018.T.03.04. at the Tashkent State Technical University and the National University of Uzbekistan. (Address: 100095, Tashkent, University str., 2. Tel./fax: (99871) 227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz)

The thesis is available at the Information and Resource Center of the Tashkent State Technical University (registered under No. 112). (Address: 100095, Tashkent, Universitet St., 2. Phone: (99871) 227-10-32.)

The thesis abstract was sent out «8» february 2019 year.

(register of the distribution protocol № 45 from «6» february 2019 year).

K.A.Karimov

Chairman of the Scientific Council for Awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

R.U.Shukurov

The Scientific Secretary of the Scientific Council for scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

R.M.Mikhridinov

Chairman of the Scientific Seminar of the Scientific Council on awarding academic degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work consists in developing a technology that provides resource saving by reducing the amount of carbon monoxide, improving the composition of the flux as a protective agent to reduce carbon monoxide in the process of smelting copper alloys.

The tasks of research:

- development of technology for smelting copper alloys that provides resource savings by reducing carbon loss;
- development of the composition of protective flux to ensure reduction of carbon loss during the smelting of copper alloys;
- development of technology for the recovery of copper from its oxides in the process of conducting the melting of copper alloys;
- development of the heating mode of the charge before loading into the smelting furnace to ensure reduction of carbon loss during the smelting of copper alloys;
- development of technology for smelting copper alloys that allows to increase the content of chips in the charge;
- development of technology for heating the charge, melting and overheating of the melt, which allows to reduce oxide and gas inclusions in copper alloys.

The object of the research work Bronze BROS 5-5-5, brass marks L68 and L62.

Scientific novelty of the research work

- the technology of high-temperature processing of copper alloys providing resource-saving during smelting has been developed;
- the composition of the flux with a carbon content of up to 15–20% has been developed, which ensures a reduction of carbon monoxide by 1.2–1.4 times;
- the mode of heating the charge in the smelting furnace has been developed, which ensures a reduction of carbon monoxide by 4-6%;
- a smelting technology has been developed, which allows increasing the content of chips in the charge by 10-15%;
- the technology of heating, melting and overheating of the charge has been developed, which allows reducing the content of oxide and gas inclusions in the alloy.

The outline of the thesis.

To ensure resource saving of copper alloys, it is necessary to choose the right mode and technology of melting. But taking into account the characteristics of copper alloys and the change in chemical activity at elevated temperatures, when smelting copper alloys, it is necessary to provide a melting medium for the smelting process to proceed. This dissertation is devoted to the study of the processes of smelting copper alloys in electric furnaces, the study of the effects of modes and smelting technologies on resource saving. On the basis of the studied scientific research, the author developed technologies for conducting the melting of copper alloys in

electric furnaces, in particular, in an induction furnace, in a resistance furnace and an electroslag furnace with graphite electrodes.

It has been revealed that the use of a carbon-containing flux as a protective cover allows to reduce the waste of the metal by 15-17%. On this basis, research work was carried out and a new composition of the flux for melting copper alloys was developed.

The author found that at elevated temperatures, copper oxide can be restored in a carbon environment. On this basis, the processing mode of copper alloys was developed.

To obtain high-quality castings from copper alloys with a low amount of carbon monoxide, the technology of melting in induction furnaces, electric resistance furnaces and an electroslag furnace was developed.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

1. Тураходжаев Н.Д., Якубов Л.Э., Турсунов Т.Х., Абдурахманов Х.З., Тураходжаева Ш.Н. Применение медных и алюминиевых сплавов в биметаллических композиционных материалах. //Композиционные материалы. – Ташкент, 2015. - № 1. - С. 65–67 (05.00.00.№13).
2. Тураходжаев Н.Д., Якубов Л.Э., Турсунов Т.Х., Абдурахманов Х.З., Тураходжаева Ш.Н., Шоазимова У.Х., Азларова М.Ш. Способ переплава композиционных материалов для получения качественной структуры. //Композиционные материалы. – Ташкент, 2015. - № 3. - С. 30–32. (05.00.00.№13).
3. Тураходжаев Н.Д., Туляганов Э.Х., Турсунов Т.Х., Якубов Л.Э., Процесс плавки медных сплавов в электрошлаковых печах. //ТошДТУ хабарлари. – Ташкент, 2015. - № 3. - С. 85–90 (05.00.00.№16).
4. Salokhiddin Nurmurodov, Alisher Rasulov, Nodir Turakhodjaev, Kudratkhon Bakhadirov, Lazizkhan Yakubov, Khusniddin Abdurakhmanov, Tokhir Tursunov. Development of New Structural Materials with Improved Mechanical Properties and High Quality of Structures through New Methods. Journal of Materials Science Research, Canada. Canadian Center of Science and Education. Vol.5, 2016. № 3. – S. 52-58. (05.00.00. №22).
5. Тураходжаев Н.Д., Якубов Л.Э., Ташбулатов Ш.Б., Чоршанбиев Ш.М., Тураходжаева Ф.Н. Разработка технологии ведения плавки медных сплавов для снижения угара//Композиционные материалы. – Ташкент, 2018. - № 3. - С. 103–104 (05.00.00.№13).
6. Тураходжаев Н.Д., Якубов Л.Э., Ташбулатов Ш.Б., Чоршанбиев Ш.М., Тураходжаева Ф.Н. Математическая модель процесса плавки медных сплавов для обеспечения ресурсосбережения //Композиционные материалы. – Ташкент, 2018. - № 3. - С. 104–106 (05.00.00.№13).
7. Якубов Л.Э., Ташбулатов Ш.Б., Чоршанбиев Ш.М., Тураходжаева Ф.Н., Тураходжаев Н.Д. Разработка режима нагрева шихты при плавке медных сплавов в электрических печах //Композиционные материалы. – Ташкент, 2018. - № 4. - С. 85–87 (05.00.00.№13).
8. Л.Э.Якубов, Д.О.Низамова, Ф.Ф.Турдиев, Ш.Б.Ташбулатов, Ш.М.Чоршанбиев, Ф.Н.Тураходжаева, Н.Д.Тураходжаев Разработка состава флюса для плавки медных сплавов //Композиционные материалы. – Ташкент, 2018. - № 4. - С. 105–107 (05.00.00.№13).
9. Якубов Л.Э., Тураходжаев Н.Д. Диффузия водорода в медных расплавах. //ТошДТУ хабарлари. – Ташкент, 2008. - № 2-3. - С. 250–253 (05.00.00.№16).
10. Тураходжаев Н.Д., Якубов Л.Э., Рахмонов Ж.У. Мис қотишмаларидан қуймалар олишда эритиш технологиясининг таъсири. //ТошДТУ хабарлари. – Ташкент, 2009. - № 1-2. - С. 79–82 (05.00.00.№16).

11. Тураходжаев Н.Д., Туляганов Э.Х., Турсунов Т.Х., Якубов Л.Э., Рафиев А.А. Новый метод повышения прочности поверхности отливок при заливке в кокиль. // ТошДТУ хабарлари. – Ташкент, 2014. - № 1. - С. 89–92 (05.00.00.№13).
12. Ш.А.Каримов, Л.Э.Якубов Получение двухслойных покрытий электроконтактным спеканием порошков. // International scientific journal SCIENCE AND WORLD. №4 (32), 2016, Vol.1, С.44-46.
13. Якубов Л.Э., Тураходжаев Н.Д. Диффузия водорода в расплавах. // Ёшларнинг Беруний Академияси маърузалар туплами «Техника юлдузлари» – Тошкент, 2008. № 1. - С. 92-94.
14. Якубов Л.Э., Тураходжаев Н.Д. Диффузия водорода в медных расплавах. // Сборник научных статей «Машинасозлик ва агросаноат комплекси долзарб муаммолари». – Ташкент, 2008. - С. 250-253.
15. Тураходжаев Н.Д., Турсунов Т.Х., Якубов Л.Э., Эшмухамедов М., Сафаев М.М. Новый способ получения оксида марганца и ферромарганца методом термического воздействия в печной среде. // Сборник научных статей Международной научно–практической конференции «Проблемы, развитие и инновационные направления геологических наук в Узбекистане». – Тошкент, 2013. - С. 344-346.
16. Тураходжаев Н.Д., Абдурахманов Х.З., Турсунов Т.Х., Якубов Л.Э. Математическая модель теплообменного процесса в газовой печи. // Сборник научных статей Международной научно–практической конференции «Современные наукоёмкие технологии: приоритеты развития и подготовка кадров». – Набережные Челны, 2014. - С. 84-89.
17. Тураходжаев Н.Д., Якубов Л.Э., Турсунов Т.Х., Абдурахманов Х.З. Математическое моделирование процесса оплавления медной и алюминиевой шихты. // Сборник научных статей Международной научно–практической конференции «Современные наукоёмкие технологии: приоритеты развития и подготовка кадров». – Набережные Челны, 2014. - С. 89-92.
18. Тураходжаев Н.Д., Якубов Л.Э., Турсунов Т.Х., Абдурахманов Х.З., Тураходжаева Ш.Н. Разработка состав флюса для переработки отходов производства отливок «Кон-металлургия тармоғининг муаммолари ва инновацион ривожлантириш йўллари» (Тошкент, Ўзбекистон, 2014), С.211-214.
19. Тураходжаев Н.Д., Якубов Л.Э., Турсунов Т.Х., Абдурахманов Х.З., Тураходжаева Ш.Н. Ресурсосберегающая технология переработки и переплава шихты для получения качественной структуры сплава «Кон-металлургия тармоғининг муаммолари ва инновацион ривожлантириш йўллари» (Тошкент, Ўзбекистон, 2014), С.234-237.
20. Тураходжаев Н.Д., Якубов Л.Э., Турсунов Т.Х., Абдурахманов Х.З., Тураходжаева Ш.Н. Методы переплава цветных сплавов с применением защитного флюса «1 Международная заочная научно-техническая конференция» (Челябинск, Россия, 2014).
21. Тураходжаев Н.Д., Якубов Л.Э., Турсунов Т.Х., Абдурахманов Х.З. Применение флюса для получения чугуна из оксида железа // «Фан ва техника

тараққиётида интеллектуал ёшларнинг ўрни”. Республиканская научная конференция. Ташкент 2015. С.177-180.

22. Тураходжаев Н.Д., Якубов Л.Э., Турсунов Т.Х., Абдурахманов Х.З. Изменение свойств композиционных сплавов в зависимости от режима плавки //Сборник научных статей Международной научно–практической конференции «Полимерные композиты и трибология (Поликомтриб 2015)» (Гомель, Белоруссия, 2015).

23. N.Dj.Turakhodjaev, T.Kh.Tursunov, L.E.Yakubov, Kh.Z.Abdurakhmanov, Sh.N.Turakhodjaeva Mode of fusion of aluminium alloys. «Solidification and Crystallization of Metals 2015» (Bisko, Poland, 2015) pp. 53-56.

24. Н.Д.Тураходжаев, Т.Х.Турсунов, Ф.Н.Тураходжаева, Л.Э.Якубов, Х.З.Абдурахманов Методы извлечения меди из отходов производства//Сборник материалов Международная научно-практическая конференция «Проблемы повышения эффективности работы современного производства и энерго-ресурсосбережения». Андижан 2018. С. 250-254.

25. Н.Д.Тураходжаев, Т.Х.Турсунов, Л.Э.Якубов, А.А.Тураев, С.А.Асадов Методы повышения качества сплавов//Сборник материалов Международная научно-практическая конференция «Перспективы инновационного развития горно-металлургического комплекса-ресурсосбережения». Навои 2018. С. 252-254.

TAYLQEI nusha ko'paytirish bo'limi.

Bosishga ruxsat etildi: 00.00.2019y.

Bichimi: 21x30¹/₂. Adadi: 00 nusha.

Toshkent, Amir Temur shoh ko'cha -20.

2,47, 4,45,6,43,8,41,10,39,12, 37,14,35,16,33,18,31,20,29,22,27,24,25

48,1, 46,3,44,5,42,7,40, 9,38,11,36,13,34,15,32, 17,30,19,28,21,26,23