

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

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**ЧОРШАНБИЕВ ШУХРАТ МАХМАТМУРОДОВИЧ**

**ЭЛЕКТРШЛАК УСУЛИДА 45 МАРКАЛИ ПЎЛАТДАН ОЛИНАЁТГАН  
ДЕТАЛЛАРНИНГ ЭКСПЛУАТАЦИОН ХОССАЛАРИНИ ОШИРИШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ.**

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

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

**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**

**Чоршанбиев Шухрат Махматмуродович**

Электршлак усулида 45 маркали пўлатдан олинаётган деталларнинг  
эксплуатацион хоссаларини ошириш технологиясини ишлаб  
чиқиш.....

**Чоршанбиев Шухрат Махматмуродович**

Разработка технологии повышения эксплуатационных свойств деталей из сталь-  
45, получаемых электрошлаковым переплавом.....

**Chorshanbiev Shukhrat Maxmatmurodovich**

Increasing operational properties and designing technology of details which are taken  
from the steel marked steel-45 by the method of electrical slag.....

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ

List of published works .....

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

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**ЧОРШАНБИЕВ ШУХРАТ МАХМАТМУРОДОВИЧ**

**ЭЛЕКТРИШЛАК УСУЛИДА 45 МАРКАЛИ ПЎЛАТДАН ОЛИНАЁТГАН  
ДЕТАЛЛАРНИНГ ЭКСПЛУАТАЦИОН ХОССАЛАРИНИ ОШИРИШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ.**

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

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

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.2.PhD/Т.594 рақам билан рўйхатга олинган.**

Докторлик диссертацияси Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

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

**Илмий раҳбар:**

**Тураходжаев Нодир Джахонгирович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Абдуллаев Фатхулла Сағдуллаевич**  
техника фанлари доктори, профессор

**Атажанов Гапур Латибович**  
техника фанлари номзоди, доцент

**Етакчи ташкилот:**

**Андижон машинасозлик институти**

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.03/30.12.2019.Т.03.04. рақамли илмий кенгашнинг “\_\_\_\_\_” 2020 йил «\_\_\_\_\_» соат дақиқаларидаги Илмий кенгаш мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2. Тел. / факс: (99871) 227-10-32, e-mail: [tadqiqotchi@tdtu.uz](mailto:tadqiqotchi@tdtu.uz))

Диссертация билан Тошкент давлат техника университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (\_\_\_\_\_ рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2. Тел. / факс): (99871) 227-10-32)

Диссертация автореферати 2020 йил «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ куни тарқатилди.  
(2020 йил «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ дақиқаларидаги \_\_\_\_\_ рақамли реестер баённомаси).

**К.А. Каримов**  
Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

**Ф.Р.Норхуджав**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д.,  
профессор

**Ф.С. Абдуллаев**  
Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш қошидаги илмий семинар  
раиси, т.ф.д., профессор

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда қора ва рангли металл қотишмаларидан сифатли қўйма маҳсулотларини ишлаб чиқиш, сифатли ва мустаҳкам маҳсулотлар ишлаб чиқишда жаҳон талабларига мос, рақобатбардош ва импорт ўрнини босадиган технологиялар яратиш муҳим аҳамият касб этмоқда. Шунингдек, жаҳон андозаларига мос келадиган, машинасозлик ишлаб чиқариш корхоналарига юқори сифатли, ейилишга бардошли, мустаҳкамлиги юқори бўлган маҳсулотларни ишлаб чиқариш ушбу соҳа мутахассислари ва олимлари олдига муҳим вазифани қўймоқда. Бу борада ривожланган мамлакатлар, жумладан АҚШ, Англия, Германия, Япония, Хитой, Россия ва бошқа мамлакатларнинг илмий-тадқиқот марказларида пўлатнинг турли маркаларидан қўйма маҳсулотлар ишлаб чиқишда уларнинг эксплуатацион хоссаларини оширишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда пўлатларни суюқлантиришда ресурстежамкор технологияларни такомиллаштириш, 45 маркали пўлатларни электр печларида суюқлантириш технологиясини ишлаб чиқишга оид кенг қўламда илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. МДХ давлатларида, жумладан Россия ва Украинада ресурс-ва энергия сарфини камайтириш пўлатни суюқлантиришнинг янги технологиялари ишлаб чиқилмоқда. Ушбу йўналишда, машинасозлик соҳасида кенг қўлланиладиган пўлат 45 маркали пўлатлардан тайёрланадиган деталларнинг ейилишбардошлигини таъминлайдиган технологияларни ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Республикамизда электр ёй печлари ёрдамида пўлатларни суюқлантириш даврида сифатли структура ҳосил қилиш асосида қўйма маҳсулотларининг эксплуатацион хоссаларини ошириш чора-тадбирлари амалга оширилмоқда. Бундан ташқари суюқлантириш самарадорлигини ошириш учун кенг қамровли тадқиқотлар, буни амалга ошириш учун технологияларни такомиллаштириш устида изланишлар олиб борилмоқда. Шу муносабат билан, саноатда кенг қўлланиладиган пўлатларни суюқлантиришда ресурс ва энергия тежамкорлигини таъминлайдиган технологияларни такомиллаштириш илмий-тадқиқотларининг устуворлигини ошириш муҳим аҳамият касб этмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириши бўйича Ҳаракатлар стратегиясида жумладан <sup>1</sup>«... макроиктисодий барқарорликни мустаҳкамлаш ва юқори иқтисодий ўсиш суръатларини сақлаб қолиш, миллий иқтисодиётнинг рақобатбардошлигини ошириш, ... иқтисодиётда энергия ва ре -

---

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

сурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш» вазифаси белгилаб берилган.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ- 4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони, 2016 йил 26 декабрдаги “2017-2019 йилларда тайёр маҳсулот турлар, бутловчи буюмлар ва материаллар ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштириш истиқболли лойиҳаларини амалга оширишни давом эттириш чора– тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-2698-сон Қарори, 2017 йил 7 июлдаги „Қишлоқ хўжалиги соҳасида илмий-техник базани ривожлантириш ҳақида“ги ПҚ-3117-сон Қарори, 2018 йил 27 апрелдаги „Инновацион ғоялар, технология ва лойиҳаларни жорий қилиш тизимининг янада такомиллаши чора-тадбирлари тўғрисида“ги, ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади

**Тадқиқотнинг Республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. «Энергетика, энергия ва ресурс тежамкорлиги» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Дунё олимлари томонидан қотишмани қиздириш ва совитиш, ички тузилишини, химиявий, физикавий ва механик хоссаларига ўзгартириш киритиш, қиздириш ҳамда совутиш йўли билан пўлатнинг структурасини ўзгартириш мумкинлиги ҳақида кенг қамровли йўналишда тадқиқотлар олиб борилган ва натижаларга эришилган.

Жаҳоннинг етакчи ва кўплаб илмий марказлари, олий таълим муассасаларида кенг қамровли илмий тадқиқотлар олиб борилган, жумладан пўлат олишда унинг мустаҳкамлиги ва ейилишбардошлигини оширишнинг янги усуллари кашф этилган. Англия тадқиқотчилари Г.Бессемер ва С.Томас, Франция тадқиқотчиси П.Мартен каби олимлар пўлат олишда печларнинг янги конструкциялари ва усулларини ишлаб чиқишган. Россия олими Чернов ўзининг тадқиқотлари натижасида пўлатларнинг мустаҳкамлигини уларнинг структурасига боғлиқлик даражасини ишлаб чиқган. У пўлатдаги ички структура ўзгаришларини иссиқлик алмашинуви ва термик ишлаш жараёнлари билан боғлиқлик графикларини ишлаб чиқган. Германия олими А.Ледебурнинг металллар структурасидаги ўзгариротга боғлиқлик даражасини, Англия олимлари Ф.Лавес ва В.Юм-Розерларнинг янги типдаги фазаларни кашф этишлари катта аҳамият касб этган. Пўлатларни пайвандлашдаги ва термик ишлов беришдаги структуравий ўзгаришларни Н.Н.Бенардос ва Н.Г.Славянов, Р. Мел, Э. Бейн, Г. Ганнеман, Ф. Вефер ва Г. Эссер ишлаб чиқишган.

МДХ олимларидан А.А. Бочвар, Н.А. Минкевич, С.С, Штейнберг, Н.Я. Селяков, Н.Т. Гудцов, Г.В.Курдюмов, А.П.Гуляев, А.М.Бутлеров, С.В.Лебедев, П.А. Ребиндер, С.П.Королёв ва А.Т.Тумановлар пўлатларнинг ейилишбардошлигини ошириш учун деталларга термик ишлов технология ва режимларини ишлаб чиқишган. Ўзбек олимларидан профессор А.А.Мухаммедов, профессор Н.Д.Тураходжаев, профессор Ф.Р.Норхўжаев, доцент Ш.А.Каримов, доцент Д.М.Бердиевлар қотишмаларга термик ишлов бериш асосида уларнинг мустаҳкамлиги ва ейилишбардошлигини ошириш учун термик ва термоциклик режимларини ишлаб чиқишган. Улар турли ҳароратларда термик ишлов бериш учун ишлов бериш муҳитининг механик хоссаларга боғлиқлик даражасини аниқлашган ва ўрта ҳароратда термоциклик ишлов бериш, ҳамда суюқ металл муҳитидаги юқори ҳароратларда ишлов бериш теологиясини ишлаб чиқишган.

Пўлатларнинг мустаҳкамлиги ва ейилишбардошлигини оширишга оид олиб борилган кўплаб илмий-тадқиқотларга қарамай бу йўналишда хали ечими топилмаган муаммолар кўп. Жумладан, турли печларда суюқлантириладиган пўлатлардан олинган деталларнинг ейилишбардошлигини оширишда печнинг ўзида суюқлантириш жараёнида замин яратиш устида тадқиқотлар олиб борилмаган. Пўлат 45 маркали қотишмадан олинган деталларнинг эксплуатацион хоссаларини ошириш учун ресурстежамкор ҳисобланган электршлак печларида суюқлантиришнинг самарадор технологиялари ишлаб чиқилмаган. Электршлак печидан олинган пўлат қотишмаларининг ўзига хос хусусиятлари асосида деталларга термик ишлов бериш технологиялари ишлаб чиқилмаган. Электршлак печида суюқлантириладиган пўлат 45 маркали қотишмадан машинасозлик деталларини олишда уларнинг мустаҳкамлиги ва ейилишбардошлигини ошириш устида назарий ва амалий тадқиқотлар ўтказиш муҳим ҳисобланади.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.**

Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университетида илмий тадқиқот ишлари режасига биноан “Олмалиқ КМК” АЖ билан 2019 йил 19 июль куни тузилган № 63-2897 ЮР-сон «Разработка технологии изготовления зубьев вал-шестерни с повышенными эксплуатационными свойствами» (2018-2019 йй.) мавзусидаги хўжалик шартномаси доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** электршлак усулида 45 маркали пўлатлардан олинаётган деталларнинг эксплуатацион хоссаларини ошириш теологиясини ишлаб чиқаришдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

электршлак печида 45 маркали пўлатларидан вал-шестерня деталени олиш учун суюқлантиришнинг самарадор технологиясини ишлаб чиқиш;

электршлак усулида 45 маркали пўлатлардан олинаётган вал-шестерня тишларининг мустаҳкамлигини ошириш;

45 маркали пўлатлардан вал-шестерня олишда ресурстежамкорлигини таъминлайдиган технологияни ишлаб чиқиш;

электршлак печларида 45 маркали пўлатларни суюқлантириш учун иссиқлик режимининг энергиятежамкор усулини ишлаб чиқиш;

электршлак печида 45 маркали пўлатларни суюқлантиришда маҳсулотнинг ейилишбардошлигини таъминлайдиган модификатор таркибини ишлаб чиқиш;

электршлак печида 45 маркали пўлатларни суюқлантиришда маҳсулотнинг ейилишбардошлигини таъминлайдиган модификаторни қотишма таркибига киритиш технологиясини ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида электршлак усулида олинган 45 маркали пўлатдан тайёрланган қўйма деталлари олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** сифатида 45 маркали пўлатларни электршлак усулида вал-шестерня деталени қўйиш, унинг тишларини тайёрлаш ва тишларга термик ишлов бериш технологиялари олинган.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида қотишмаларнинг химиявий таркиби, қаттиқлигини, механик хоссаларини ва структурасини ўрганишда Empyrean Malvern Panalytical диффрактометр, Zeiss EVO MA 10 (Carl Zeiss) сканерлаш электрон микроскопи, “P-50 M” рақамли автотехника машинаси, “Dura Vision 20” рақамли қурилма, 6P-83 рақамли фрезали вертикал станоклари қўлланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қўйидагилардан иборат:

сув муҳитида вал-шестерняга термик ишлов бериш режимлари вал материалининг теплофизик хоссалари асосида ишлаб чиқилган;

вал-шестерня тишларини тайёрлаш технологияси кесиш жараёнида ҳосил бўладиган зўриқиш кучларини бартараф этиш назарияси асосида ишлаб чиқилган;

сув-мой муҳитида вал-шестерняни навбатма-навбат тоблаш технологияси металлларга термик ишлов бериш режимлари асосида ишлаб чиқилган;

электршлак усулида 45 маркали пўлатдан қўйма усулида олинган вал-шестерня тишларининг ишлаш шароитидаги хизмат муддатини ошириш технологияси абразив ейилиш муҳитининг таъсир қилиш ҳароратининг таҳлили асосида ишлаб чиқилган;

маҳсулотнинг ишлаш ресурсини ошириш учун термик ишлов бериш усулига боғлиқлик графиги материалнинг иссиқлик физикаси хоссаларига асосан ишлаб чиқилган;



электршлак усулида 45 маркали пўлатдан қуйма усулида олинган вал-шестерня тишларига термик ишлов бериш асосида қаттиқлик ҳолати графиги ишлаб чиқилган;

45 маркали пўлатдан тайёрланган вал-шестерняларни ишлаб чиқаришда қуйи ҳароратда бўшатиш усулини қўллаш асосида энергия тежамкорлигини таъминлайдиган технология ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

электршлак усулида 45 маркали пўлатдан олинаётган деталларнинг эксплуатацион хоссаларини оширилиши натижасида улар ёрдамида ишлаб чиқарилаётган маҳсулотнинг таннархини камайтириш имкони яратилди;

машинасозлик деталларини ишлаб чиқаришда ресурстежамкор технологиясини қўллаш имкони яратилди;

машинасозлик деталларини ишлаб чиқаришда энергиятежамкор технологиясини қўллаш имкони яратилди;

электршлак усулида 45 маркали пўлатдан қуйма усулида олинган вал-шестерня тишларининг юза мустаҳкамлигини ошириш технологияси жорий қилинди.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги аниқ қўйилган вазифа асосида олинганлиги, тадқиқотларда замонавий ва юқори аниқликга эга бўлган жихозлардан фойдаланилганлиги, электршлак усулида 45 маркали пўлатдан олинаётган деталларнинг эксплуатацион хоссаларини оширишда экспериментал тадқиқотларнинг кўплиги ва олинган натижаларининг математик моделлаштириш асосида қайта ишлов берилганлиги, замонавий техника ва технологиялардан фойдаланиш асосида аниқланган физик-механик ва эксплуатацион хоссаларининг кўрсаткичлари, лаборатория шароитида олинган натижаларининг ишлаб чиқариш шароитида олиб борилган тадқиқотларда тасдиқланганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти электршлак усулида 45 маркали пўлатдан қуйма усулида олинган вал-шестерня тишларини термик ишлов бериш асосида деталларнинг механик хоссаларини оширишнинг термоциклик ва юқори ҳароратли ишлов бериш усуллари аниқланганлиги билан изоҳланади:

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти электршлак усулида 45 маркали пўлатдан олинаётган вал-шестерня деталларининг ейилишбардошлигини таъминлайдиган технологиянинг қўлланилишида деталнинг хизмат муддати 14-16 % га ортиши билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Электршлак усулида 45 маркали пўлатдан олинаётган деталларнинг эксплуатацион хоссаларини

ошириш технологиясини ишлаб чиқиш учун олиб борилган тадқиқотлар бўйича олинган илмий натижалар асосида:

сув муҳитида вал-шестерняга термик ишлов бериш режимлари “Олмалик ТМК” АЖ қошидаги “Марказий таъмирлаш механика заводида”га жорий қилинган (“Олмалик ТМК” АЖнинг 2020 йил 05 июндаги 63-208 - сон маълумотномаси). Натижада вал-шестернянинг ейилишбардошлиги 8-10%га оширишга эришилган.

Вал-шестерня тишларини тайёрлаш технологияси “Олмалик ТМК” АЖ қошидаги “Марказий таъмирлаш механика заводида”га жорий қилинган (“Олмалик ТМК” АЖнинг 2020 йил 05 июндаги 63-208 - сон маълумотномаси). Натижада маҳсулотнинг эксплуатацион хоссаларини 18-20%га оширишга эришилган.

Сув-мой муҳитида вал-шестерняни навбатма-навбат тоблаш технологияси “Олмалик ТМК” АЖ қошидаги “Марказий таъмирлаш механика заводида”га жорий қилинган (“Олмалик ТМК” АЖнинг 2020 йил 05 июндаги 63-208 - сон маълумотномаси). Натижада вал-шестернянинг қаттиқлигини 1,3-1,4 мартага оширишга эришилган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Диссертациянинг тадқиқот натижалари 6 та, жумладан 4 та халқаро ва 2 та Республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 16 та илмий иш чоп этилган, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 10 та мақола, жумладан, 8 таси Республика ва 2 таси хорижий журналларда нашр этилган.

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

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

**Кириш қисмида** диссертация мавзуси бўйича ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурияти асосланган, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияси тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқот мақсади ва вазифалари шакллантирилган, тадқиқот объекти ва предметлари аниқланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён этилган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, уларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий қилинганлиги, ишнинг апробация натижалари, эълон

қилинган ишлар ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг “**Диссертация мавзусининг долзарблиги. Мавзу бўйича дунёда олиб борилаётган илмий тадқиқот ишлар таҳлили**” деб номланган биринчи бобда пўлат 45 маркали қотишмаларни электршлак ва бошқа печларда суюқлантириш бўйича адабиётлар шарҳи, техник ишланмалар келтирилиб, аналитик тадқиқотлар умумлаштирилган.

Жаҳонда қора ва рангли металл қотишмаларидан сифатли куйма маҳсулотларини ишлаб чиқиш, сифатли ва мустаҳкам маҳсулотлар ишлаб чиқишда жаҳон талабларига мос, рақобатбардош ва импорт ўрнини босадиган технологиялар яратиш муҳим аҳамият касб этмоқда. Шунингдек, жаҳон андозаларига мос келадиган, машинасозлик ишлаб чиқариш корхоналарига юқори сифатли, ейилишга бардошли, мустаҳкамлиги юқори бўлган маҳсулотларни ишлаб чиқариш ушбу соҳа мутахассислари ва олимлари олдига муҳим вазифани қўймоқда. Бу борада ривожланган мамлакатлар, жумладан АҚШ, Англия, Германия, Россия, Хитой ва бошқа мамлакатларнинг илмий-тадқиқот марказларида пўлатнинг турли маркаларидан куйма маҳсулотлар ишлаб чиқишда уларнинг эксплуатацион хоссаларини оширишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Дунё олимлари томонидан қотишмани қиздириш ва совитиш, ички тузилишини, химиявий, физикавий ва механик хоссаларига ўзгартириш киритиш, қиздириш ҳамда совутиш йўли билан пўлатнинг структурасини ўзгартириш мумкинлиги ҳақида кенг қамровли йўналишда тадқиқотлар олиб борилган ва натижаларга эришилган. Жаҳоннинг етакчи ва кўплаб илмий марказлари, олий таълим муассасаларида кенг қамровли илмий тадқиқотлар олиб борилган, жумладан пўлат олишда унинг мустаҳкамлиги ва ейилишбардошлигини оширишнинг янги усуллари кашф этилган. Англия тадқиқотчилари Г.Бессемер ва С.Томас, Франция тадқиқотчиси П.Мартен каби олимлар пўлат олишда печларнинг янги конструкциялари ва усуллари ишлаб чиқишган. Россия олими Чернов ўзининг тадқиқотлари натижасида пўлатларнинг мустаҳкамлигини уларнинг структурасига боғлиқлик даражасини ишлаб чиқган. У пўлатдаги ички структура ўзгаришларини иссиқлик алмашинуви ва термик ишлаш жараёнлари билан боғлиқлик графикларини ишлаб чиқган. Германия олими А.Ледебурнинг металллар структурасидаги ўзгариротга боғлиқлик даражасини, Англия олимлари Ф.Лавес ва В.Юм-Розерларнинг янги типдаги фазаларни кашф этишлари катта аҳамият касб этган. Пўлатларни пайвандлашдаги ва термик ишлов беришдаги структуравий ўзгаришларни Н.Н.Бенардос ва Н.Г.Славянов, Р. Мел, Э. Бейн, Г. Ганнеман, Ф. Вефер ва Г. Эссер ишлаб чиқишган.

МДХ олимларидан А.А. Бочвар, Н.А. Минкевич, С.С, Штейнберг, Н.Я. Селяков, Н.Т. Гудцов, Г.В.Курдюмов, А.П.Гуляев, А.М.Бутлеров, С.В.Лебедев, П.А. Ребиндер, С.П.Королёв ва А.Т.Тумановлар пўлатларнинг ейилишбардошлигини ошириш учун деталларга термик ишлов технология ва режимларини ишлаб чиқишган. Ўзбек олимларидан профессор А.А.Мухаммедов, профессор Н.Д.Тураходжаев, профессор Ф.Р.Норхўжаев, профессор Ш.А.Каримов, т.ф.д. Д.М.Бердиевлар қотишмаларга термик ишлов бериш асосида уларнинг мустаҳкамлиги ва ейилишбардошлигини ошириш учун термик ва термоциклик режимларини ишлаб чиқишган. Улар турли ҳароратларда термик ишлов бериш учун ишлов бериш муҳитининг механик хоссаларга боғлиқлик даражасини аниқлашган ва ўрта ҳароратда термоциклик ишлов бериш, ҳамда суюқ металл муҳитидаги юқори ҳароратларда ишлов бериш теологиясини ишлаб чиқишган.

Диссертациянинг **“Тадқиқот объектини танлаш ва тадқиқот усуллари ишлаб чиқиш”** деб номланган иккинчи бобида электршлак усулида олинган пўлат 45 маркали қотишмадан олинган деталларнинг структурасини, механик хоссасини аниқлаш усуллари келтирилган.

Олинган қотишма миқдорий кўрсаткичларини ўрганаётганда аналитик усуллар оксид ва газ қўшимчаларининг миқдорий кўрсаткичларини экстракция усули билан аниқланди. Қотишмани таҳлил қилиш UV-VIS-NIR маркасининг оптик спектроскопияси ёрдамида амалга оширилди; олинган қотишма кўрсаткичлари экстракция йўли билан оксид ва газ қўшимчаларининг миқдорий кўрсаткичларини аниқлашнинг аналитик усулларидан фойдаланилган; қотишма SEM-EDX маркали сканерлаш электрон микроскопи ёрдамида нурларнинг ўтиши асосида ўрганилди; қотишманинг механик хоссалари Empyrean Malvern Panalytical диффрактометр ёрдамида ўрганилди; деталнинг газ ғоваклилигини аниқлаш учун ғоваклилик шкаласидан фойдаланилди ва кимёвий сканерлаш электрон микроскопи (Carl Zeiss EVO-MA-10) ёрдамида лаборатория синовлари ўтказилди.

EVO-MA-10 Электрон микроскопларини сканерлашнинг ишлаш принципи электрон нурларининг объект юзаси билан ўзаро таъсирга асосланган. Электрон нурлари микроскоп ёрдамида тасвир ҳосил бўлган объект сиртининг ушбу қисмини доимий равишда кўздан кечиради. Бундай ҳолда, объект сиртининг ҳар бир нуқтаси, микроскопларнинг кўриш доираси чегараларида, ҳосил бўлган тасвирнинг тегишли нуқтаси билан кўрсатилади. Электрон нур бир нарсанинг юзаси билан ўзаро таъсирлашганда, бир вақтнинг ўзида бир нечта жавоб сигналлари пайдо бўлади. Қайси сигнал детектори ёқилганига қараб, микроскоплар маълум бир тасвирни ҳосил қилади. Микроскоплар горизонтал текисликдаги геометрик масофаларнинг проекциясининг

узунлигини ўлчайди, яъни объектнинг текис ва горизонтал йўналтирилган юзасида мос келадиган нуқталар орасидаги масофа аниқланади.

Эритмадаги водород миқдори вакуум экстракцияси усули билан аниқланди. Ушбу усул таҳлил қилинган намунадан юқори вакуум шароитида газларни тўлиқ ажратишга ва экстракция тугагандан сўнг чиқадиган газ миқдорини аниқлашга асосланган. Эритилган газни металлдан ажратиш учун ҳарорат ва босим туфайли газ-металл тизимининг термодинамик мувозанати газ фазасига қараб силжийди. Қаттиқлаштирилган намунадан диаметри 8 мм ва узунлиги 20 мм бўлган намуналар кесилади. Тайёр намуналар аналитик ва электрон тарозида тўртинчи ўнли каср аниқлиги билан тортилади ва этил спиртида ювилади.

Газнинг ғоваклилигини аниқлаш учун олинган қумадан кесилган намуналар 1,6 мкм дан ошмаган Ра ғадир будирликдаги намуналардан фойдаланилади. Намунанинг газ ғоваклилигини аниқлаш учун сув билан ювилди ва филтр қоғози билан қуритилди. Газнинг ғоваклилигини аниқлаш учун ғоваклилик шкаласи ишлатилган. Макросекцияларнинг ғоваклилик даражаси баллар мезонлари билан таққосланди. Намуналарнинг газ ғоваклилиги ҳар бири 1 см<sup>2</sup> бўлган учта квадрат бўйича аниқланди.

Олинган эритмадаги алюминий оксиди миқдори фотометрик усулда аниқланди. Бунинг учун оғирлиги 1,00 грамм бўлган плиталар шаклидаги намуналар оксид плёнкасидан тозаланди ва этил спирти қатлами остида сақланди. Ўлчашдан олдин намунани филтр қоғози билан қуритиб, ҳажми 100 см<sup>3</sup> бўлган идишга солиб, ичига 1 грамм намуна учун 70 см<sup>3</sup> миқдорида реакция аралашмаси қуйилади. Эритманинг оптик бўшлиғи 535 мм тўлқин узунлигида ПФМ алангаси фотометрик фотометр ёрдамида қатлам қалинлиги 45-50 мм бўлган кюветада ўлчанди. Йўналтирувчи эритма сифатида алюминий бўлмаган барча реактивларни ўз ичига олган сув олинди.

Диссертациянинг **“Электршлак печида пўлат 45 ни суюқлантиш технологиясини ишлаб чиқиш”** деб номланган учинчи бобида электршлак печида пўлат 45 маркали қотишмани суюқлантиришда металл сифатини таъминлайдиган технологияни ишлаб чиқиш бўйича олиб борилган тадқиқотларнинг натижалари келтирилган.

Тадқиқот ўтказишда электршлак усулида пўлат 45 дан олинаётган валларнинг турли диаметрлари танлаб олинди. “олмалиқ КМК” АЖ нинг марказий таъмирлаш механика заводида қўлланилаётган электрод-алюминий қўшма суюқлантириш технологияси таҳлил қилинди. Технологияни такомиллаштириш мақсадида қуйидаги нисбатдаги пўлат-алюминий тизимидан фойдаланилди:

Диаметри 100, 200, 300 ва 400 мм бўлган кристаллизаторларда пўлат 45 электроди таркибига 4, 8, 12 ва 16 % миқдорда алюминий қўшилди.

Ўтказилган тадқиқотлар натижасига кўра диаметри 100, 200 ва 300 мм бўлган кристаллизаторларда алюминий миқдорининг боғлиқлиги сезиларли бўлиб, диаметри 400 мм бўлган кристаллизаторда алюминий миқдори кескин таъсир қилди. Яъни диаметр ошган сари пўлат 45 электродига қўшилган алюминийнинг қуйма таркибидаги кислород миқдорига таъсири ошди. Демак диаметр ошган сари қуйманинг таркибидаги газ миқдорининг кнцентрацияси камаяди деб тахмин қилиш мумкин. Тадқиқот натижалари жадвалда келтирилган. Бундан келиб чиқиб диаметри 600 мм бўлган кристаллизаторда тадқиқот амалга оширилди.

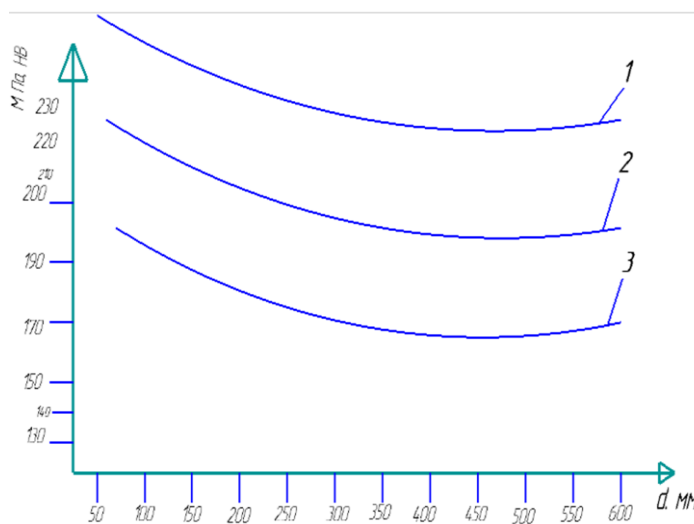
№ Т/р	Кристаллизатор диаметри, мм	Электрод таркибидаги Al миқдори, %	Олинган қотишма таркибидаги кислород миқдори
1	2	3	4
1	400	4	0,034-0,036
		8	0,01-0,12
		12	0,006-0,0062
		16	0,002-0,0022
2	300	4	0,034-0,036
		8	0,02-0,022
		12	0,012-0,014
		16	0,01-0,012
3	200	4	0,034-0,036
		8	0,024-0,026
		12	0,018-0,02
		16	0,012-0,014
4	100	4	0,034-0,036
		8	0,026-0,028
		12	0,022-0,024
		16	0,018-0,02

Тадқиқот натижаларидан кўриниб турибдики, 1. Кристаллизаторнинг диаметридан қатъий назар, қўшилаётган алюминий миқдори 2 % дан кам бўлганида олинаётган қуйма таркибидаги газ миқдори деярли бир хил (0,034-0,04 %) бўлди. 2. Графитли электрод таркибидаги алюминий миқдори 15-16% ни ташкил қилганида қуйманинг диаметри 400 мм ва ундан зиёд бўлганида қуйма таркибидаги газ (кислород) миқдори кескин камайиши кузатилди ва 0,002-0,0022 % ни ташкил қилди. Бу кристаллизаторда металл бир меъёрда суюқлангани мавжуд газларнинг қуйма хажми бўйича тенг тақсимланганини кўрсатади.

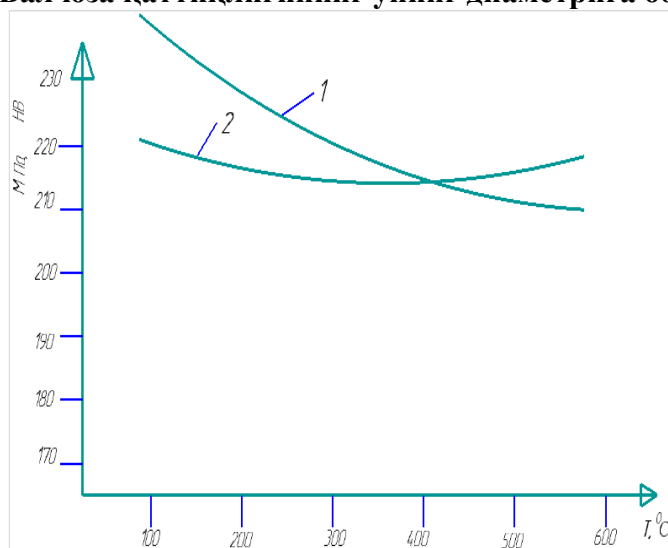
Электршлак печидан олинган 100, 200, 300, 400 ва 600 мм диаметрдаги пўлат 45 маркали қотишмадан тайёрланган валларни сув ва мой муҳитида турли вақт мобайнида тоблаш тадқиқоти ўтказилди. Бунда сув, мой ҳамда сув

билан мой муҳитларидан фойдаланилди. Бунда сувда тоблашда 10-12 секунддан, мойда тоблашда 20-22 секунддан, сув ва мойда тоблашда эса 16-18 секунддан бошлаб қаттиқликнинг кескин ортиши кузатилди. Шу билан бир қаторда вал тишларини очиш жараёнида сувда тобланган юзаларда микроёриқлар кузатилиши аниқланди. Вал-шестернянинг диаметри 600 мм ва ундан катта бўлганда сув ва мой муҳитида 16-18 секунд давомида тоблаш натижасида юза қаттиқлиги 10-14 % га ортиши билан бир қаторда микроёриқлар ҳосил бўлиши кузатилмади.

Электршлак печидан олинган 100, 200, 300, 400 ва 600 мм диаметрдаги валларни термик ишлов печида турли режимларда қиздириб, сувда тоблаш асосида қаттиқлигини ўзгариш графиги чиқарилди. Намунага юқори тезликда термик ишлов берилганида қаттиқлик юқори бўлиши кузатилди. Лекин намуна диаметрининг ўлчамлари катта бўлган сари юза қаттиқлигининг камайиши кузатилди. Кейинги расмда намуна диаметри билан юза қаттиқлиги орасидаги боғлиқлик қиздириш ва совутиш тезлигининг ўзгаришига қараб ўзгариши келтирилган.



**Расм 1. Вал юза қаттиқлигининг унинг диаметрига боғлиқлик**



**Расм 2. 1-сувда тоблаш (20 °С); 2-мойда тоблаш (24 °С)**

Электротошқолни қайта эритиш (ЭШП) печида эритилган қуйманинг бош қисми, ўрта қисми ва охириги қисмларидан 3 донна намуна сифатида кесиб олиниб, механик хоссаларини ўрганиш учун узунлиги 30 см, эни 2 см, қалинлиги 0,8 см ўлчамда намуна кесиб олиниб (ЦРМЗ)нинг механика цехидаги фрезали вертикал (6Р-83 рақамли) станогида лаборатория машинасига мослаштириб, маҳкамлаш учун йўниб тайёрланди (3-расм).



**3-расм. Қотишмадан таҳлил учун олинган намуналар.**

Кесиб ва йўниб тайёрланган тайёр маҳсулотларни Марказий таъмирлаш механика заводи (ЦРМЗ)даги (УРЗА) лабораториясидаги “Р-50 М” рақамли автотехника машинасида механик хоссалари аниқланди. Таҳлил натижалари жадвалда келтирилган.

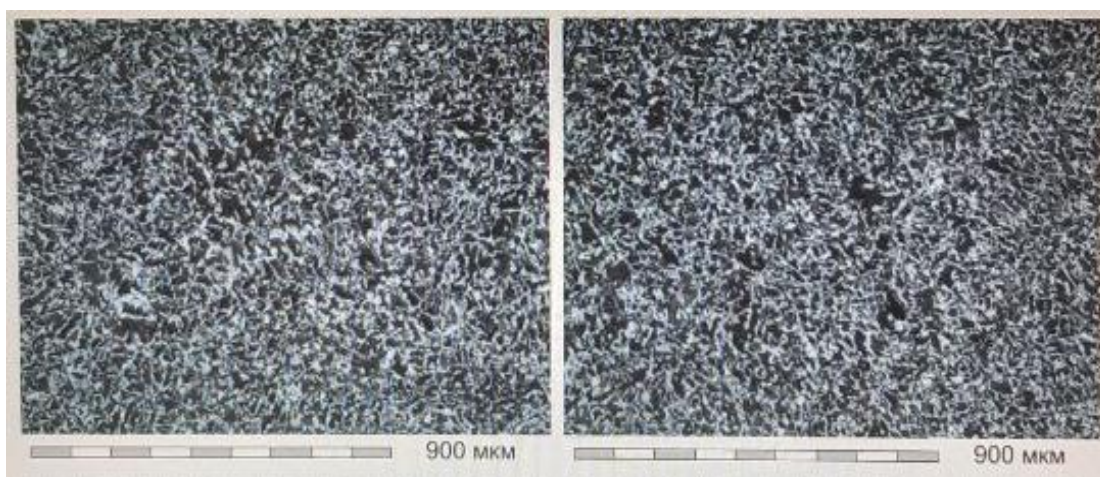
**Жадвал**

**Ўлчаш натижаларининг тавсифи.**

<b>Ўлчаш характеристикаси ва натижалари</b>	
Мутаносиблик чегарасидаги юк, кгс	4662
Эгилувчанлик чегарасидаги тортиш кучи (0,05%), кгс	4568
Юқори рентабеллик кучи, кгс	1211
Пастки рентабеллик кучи, кгс	1203
Максимал юк, кгс	4662
Пропорционаллик чегараси $d_{mm}$ , кгс/мм <sup>2</sup>	28.74
Юмшоклик чегараси (0.05%), кгс/мм <sup>2</sup>	28.15
Юқори рентабеллик кучи, кгс/мм <sup>2</sup>	7.46
Пастки рентабеллик кучи, кгс/мм <sup>2</sup>	7,41
Вақтинча қаршилиги, кгс/мм <sup>2</sup>	28.74
Нисбий бир текис бўшлиғи, %	0.2

Олинган намунанинг структураси 4-расмда келтирилган. Бунда қотишманинг таркибидаги нометалл қўшимчаларнинг камайишига эришилганининг оқибатида юза қаттиқлиги 192-194 НВ гача ортган.





**Расм 4. Электршлак усулида олинган пўлат 45 маркали қотишманинг структураси.**

Диссертациянинг **“Ишлаб чиқилган технологияни ишлаб чиқариш корхонасига жорий қилиш ва унинг математик моделини тузиш”** деб номланган тўртинчи бобида электршлак усулида пўлат 45 дан олинган деталларнинг ейилишбардошлигини ошириш технологиясининг ишлаб чиқаришга жорий қилиниши ва ишланманинг математик моделини тузиш келтирилган. Марказий таъмирлаш механика заводининг ЭШП цехида пўлат-45 маркали икки дона, диаметри 600 мм, узунлиги 350 мм, оғирлиги эса 690 кг бўлган қўймаларни қуйиб олиб, механика цехидаги турли хил станокларда вал-шестерня тишларини очиб тайёрлаш, ясашиш ҳамда термик ишлов бериш натижасида уларнинг қаттиқлигини ва механик хоссаларини лаборатория шароитида ўрганиш мақсадида қўймани қуйилди. Механика цехида токарлик станогидида заготовкаларга ишлов берилганида, диаметри 590, узунлиги 230 мм, оғирлиги 195 кг бўлган ярим маҳсулот ҳолатига келди, шундан кейин маҳсулотимизнинг ички қисмидан тиш очиш станогидида шпонкали тирқиш (шпоничный паз) очилди, бу ариқчасимон тирқишнинг кенлиги 45 мм, чуқурлиги 12,5 мм, лекин заготовканинг ички қисмидан 2 мм ўлчамда йўнмасдан қолдирилди. Марказий таъмирлаш механика заводи (ЦРМЗ)нинг ЭШП цехида пўлат-45 маркали қотишмани қаттиқлигини ўлчаш учун керакли бўлган 40x40 мм размерда кесиб олинди ва ЦРМ заводининг лаборатория шароитида қаттиқлигини текшириб кўрилганида НВ=192-194 бўлди.

Юқоридаги жадвалда келтирилган сонли кўрсаткичларни математик моделини тузиш мақсадида, математик моделлаштириш асосида жадвал кўринишидаги маълумотлардан график ёки функция кўринишидаги кўпхадларни олиш мумкин. Бунинг учун кристаллизаторнинг маълум диаметрига мос келувчи электрод таркибидаги алюминий миқдори ўзгаришига мос ҳолатда олинган қотишма таркибидаги кислород улушини аниқлаб берадиган функцияни ҳосил қилишни кўриб чиқамиз. Умумий математик назарияларга кўра, бу масала Лагранж интерполяцион кўпхадини ҳосил қилиш



қотишма таркибидаги кислород улушини аниқлаб берадиган функция қуйидаги кўринишда бўлади:

$$P(x) = 0,073824 - 0,011673x + 0,000506x^2 - 0,000004x^3. \quad (4)$$

(4) ифода таркибидаги  $x$  ўзгарувчи электрод таркибидаги Al миқдорини ифодаласа,  $P(x)$  электрод таркибидаги Al миқдорига мос олинган қотишма таркибидаги кислород миқдорини характерлайди.

Ушбу (4) функцияни графигини ҳосил қилиб, қотишма таркибидаги минимал кислород миқдорини олиш учун талаб этиладиган электрод таркибидаги Al миқдорини аниқлаймиз.

Таъкидлаш лозимки, идеал шароитда (4) функционал боғланиш ёрдамида кристаллизаторнинг маълум диаметрига (400 мм) мос келувчи электрод таркибидаги алюминий миқдорининг ихтиёрий қийматларда ўзгаришига мос ҳолда олинган қотишма таркибидаги кислород миқдорини тўлиқ аниқлаб беради.

2) Кристаллизатор диаметри 300 мм бўлган ҳол учун:

$$\begin{aligned} n &= 3, \lambda_0 = 4, \lambda_1 = 8, \lambda_2 = 12, \lambda_3 = 16; \\ \mu_0 &= 0,035, \mu_1 = 0,021, \mu_2 = 0,013, \mu_3 = 0,011. \end{aligned}$$

Бу қийматларга мос (1) алгебраик тенгламалар системаси қуйидагича бўлади:

$$\begin{cases} a_0 + 4a_1 + 16a_2 + 64a_3 = 0,035 \\ a_0 + 8a_1 + 64a_2 + 512a_3 = 0,021 \\ a_0 + 12a_1 + 144a_2 + 1728a_3 = 0,013 \\ a_0 + 16a_1 + 256a_2 + 4096a_3 = 0,011 \end{cases} \quad (5)$$

(5) тенгламалар системасини ечиб,  $a_0, a_1, a_2, a_3$  коэффициентларни аниқласак,  $a_0 = 0,055, a_1 = -0,00575, a_2 = 0,000188, a_3 = 0,000002$  экани маълум бўлади. Бунга кўра, кристаллизаторнинг маълум диаметрига мос келувчи электрод таркибидаги алюминий миқдори ўзгаришига мос ҳолатда олинган қотишма таркибидаги кислород улушини аниқлаб берадиган функция қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\mu(\lambda) = 0,055 - 0,00575\lambda + 0,000188\lambda^2 - 0,000003\lambda^3. \quad (6)$$

(6) ифода таркибидаги  $\lambda$  ўзгарувчи электрод таркибидаги Al миқдорини ифодаласа,  $\mu(\lambda)$  электрод таркибидаги Al миқдорига мос олинган қотишма таркибидаги кислород миқдорини характерлайди.

3) Кристаллизатор диаметри 200 мм бўлган ҳол учун:

$$\begin{aligned} n &= 4, \lambda_0 = 4, \lambda_1 = 8, \lambda_2 = 12, \lambda_3 = 16; \\ \mu_0 &= 0,035, \mu_1 = 0,025, \mu_2 = 0,019, \mu_3 = 0,013. \end{aligned}$$

Бу қийматларга мос (1) алгебраик тенгламалар системаси қуйидагича бўлади:

$$\begin{cases} a_0 + 4a_1 + 16a_2 + 64a_3 = 0,035 \\ a_0 + 8a_1 + 64a_2 + 512a_3 = 0,025 \\ a_0 + 12a_1 + 144a_2 + 1728a_3 = 0,019 \\ a_0 + 16a_1 + 256a_2 + 4096a_3 = 0,013 \end{cases} \quad (7)$$

(7) тенгламалар системасини ечиб,  $a_0, a_1, a_2, a_3$  коэффициентларни аниқласак,  $a_0 = 0,053, a_1 = -0,005833, a_2 = 0,000375, a_3 = -0,00001$  экани маълум бўлади. Бунга кўра, кристаллизаторнинг маълум диаметрига мос келувчи электрод таркибидаги алюминий миқдори ўзгаришига мос ҳолатда олинган қотишма таркибидаги кислород улушини аниқлаб берадиган функция қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\mu(\lambda) = 0,053 - 0,005833\lambda + 0,000375\lambda^2 - 0,00001\lambda^3. \quad (8)$$

4) Кристаллизатор диаметри 100 мм бўлган ҳол учун:

$$\begin{aligned} n = 4, \lambda_0 = 4, \lambda_1 = 8, \lambda_2 = 12, \lambda_3 = 16; \\ \mu_0 = 0,035, \mu_1 = 0,027, \mu_2 = 0,023, \mu_3 = 0,019. \end{aligned}$$

Бу қийматларга мос (1) алгебраик тенгламалар системаси қуйидагича бўлади:

$$\begin{cases} a_0 + 4a_1 + 16a_2 + 64a_3 = 0,035 \\ a_0 + 8a_1 + 64a_2 + 512a_3 = 0,027 \\ a_0 + 12a_1 + 144a_2 + 1728a_3 = 0,023 \\ a_0 + 16a_1 + 256a_2 + 4096a_3 = 0,019 \end{cases} \quad (9)$$

(9) тенгламалар системасини ечиб,  $a_0, a_1, a_2, a_3$  коэффициентларни аниқласак,  $a_0 = 0,053, a_1 = -0,005833, a_2 = 0,000375, a_3 = -0,00001$  экани маълум бўлади. Бунга кўра, кристаллизаторнинг маълум диаметрига мос келувчи электрод таркибидаги алюминий миқдори ўзгаришига мос ҳолатда олинган қотишма таркибидаги кислород улушини аниқлаб берадиган функция қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\mu(\lambda) = 0,053 - 0,005833\lambda + 0,000375\lambda^2 - 0,00001\lambda^3. \quad (10)$$

Ушбу (10) функцияни графигини ҳосил қилиб, қотишма таркибидаги минимал кислород миқдорини олиш учун талаб этиладиган электрод таркибидаги Al миқдорини аниқлаймиз.

Ихтиёрий диаметрли кристаллизаторга мос келувчи электрод таркибидаги алюминий миқдорининг ихтиёрий қийматларда ўзгаришига мос ҳолда олинган қотишма таркибидаги кислород миқдорини аниқлайдиган функцияни ҳосил қилиш мумкин.

(4), (6), (8), (10) ифодаларнинг яна бир афзаллиги қотишма таркибидаги талаб этиладиган кислород улушига эга бўлишимиз учун керак бўлган электрод таркибидаги алюминий миқдорини ҳам аниқлаш мумкин.

Қуйида келадиган жадвалларда ҳам Лагранж интерполяцион кўпҳадини ҳосил қилиш билан функционал боғланиш функцияларини ҳосил қилиш мумкин.

Олинган математик ифодалардан шуни айтиш мумкинки, назарий натижалар амалдаги тажрибаларни энгиллаштириш имконини беради. Аниқ қилиб айтганда, дастлабки тажриба натижалари асосида кейинги натижаларни тажриба ўтказмасдан аниқлаш имконини беради.

Бу масала ҳам юқоридаги каби, Лагранж интерполяцион кўпҳадини тузиш билан ҳал этилади:

$$\begin{bmatrix} 1 & d_0 & d_0^2 & \dots & d_0^n \\ 1 & d_1 & d_1^2 & \dots & d_1^n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & d_n & d_n^2 & \dots & d_n^n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} HB_0 \\ HB_1 \\ \vdots \\ HB_n \end{bmatrix}. \quad (11)$$

Бу вектор тенгламада

$n = 5$ ,  $d_0 = 1$  м,  $d_1 = 1,85$  м,  $d_2 = 3,1$  м,  $d_3 = 4,4$  м,  $d_4 = 5,5$  м,  $d_5 = 6$  м,  
 $HB_0 = 200$ ,  $HB_1 = 190$ ,  $HB_2 = 170$ ,  $HB_3 = 150$ ,  $HB_4 = 140$ ,  $HB_5 = 130$  [МПа] бўлиб,  
 тенгламалар системаси қуйидаги кўринишни эгаллайди:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1.85 & 1.85^2 & \dots & 1.85^5 \\ 1 & 3.1 & 3.1^2 & \dots & 3.1^5 \\ 1 & 4.4 & 4.4^2 & \dots & 4.4^5 \\ 1 & 5.5 & 5.5^2 & \dots & 5.5^5 \\ 1 & 6 & 6^2 & \dots & 6^5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 200 \\ 190 \\ 170 \\ 150 \\ 140 \\ 130 \end{bmatrix} \quad (12)$$

Ушбу тенгламаларни ситемасини ечсак,  
 $a_0 = 230,230433$ ,  $a_1 = -58,021149$ ,  $a_2 = 41,929999$ ,  $a_3 = -16,925951$ ,  $a_4 = 2,974503$ ,  $a_5 = -0,187826$  экани аниқланади. Бунга кўра, вал диаметрининг ортиши билан электршлак печидан олинган вал юза қаттиқлигининг ўзгариб боришини аниқлаб берадиган функция қуйидаги кўринишда бўлади:

$$HB(d) = 230,230433 - 58,02115d + 41,92999d^2 - 16,92595d^3 + 2,974503d^4 - 0,187826d^5. \quad (13)$$

(13) функция ёрдамида валнинг ихтиёрий диаметрига мос электршлак печидан олинган вал юза қаттиқлигини юқори аниқликда ҳисоблаш мумкин.

## ХУЛОСАЛАР

1. Сув муҳитида вал-шестерняга термик ишлов бериш режимлари вал материалнинг теплофизик хоссалари асосида ишлаб чиқилган. Бу вал-шестернянинг ейилишбардошлигини 8-10%га ошириш учун хизмат қилади.
2. Вал-шестерня тишларини тайёрлаш технологияси кесиш жараёнида ҳосил бўладиган зўриқиш кучларини баргараф этиш назарияси асосида ишлаб чиқилган. Бу маҳсулотнинг эксплуатацион хоссаларини 18-20%га оширишга имкон беради.
3. Сув-мой муҳитида вал-шестерняни навбатма-навбат тоблаш технологияси металлларга термик ишлов бериш режимлари асосида ишлаб чиқилган. Бу вал-шестернянинг қаттиқлигини 1,3-1,4 мартага ошириш учун хизмат қилади.
4. Электршлак усулида 45 маркали пўлатдан қуйма усулида олинган вал-шестерня тишларининг ишлаш шароитидаги хизмат муддатини ошириш технологияси абразив ейилиш муҳитининг таъсир қилиш ҳароратининг таҳлили асосида ишлаб чиқилган. Бу вал-шестерня тишларининг эксплуатацион хоссаларини ошириш учун хизмат қилади.
5. Маҳсулотнинг ишлаш ресурсини ошириш учун термик ишлов бериш усулига боғлиқлик графиги материалнинг иссиқлик физикаси хоссаларига асосан ишлаб чиқилган. Бу деталларнинг ейилиш асосида ишдан чиқини башоратлаш имконини беради.
6. Электршлак усулида 45 маркали пўлатдан қуйма усулида олинган вал-шестерня тишларига термик ишлов бериш асосида қаттиқлик ҳолати графиги ишлаб чиқилган. Бу вал-шестерня тишларига термик ишлов бериш режимларини ишлаб чиқиш учун хизмат қилади.
7. 45 маркали пўлатдан тайёрланган вал-шестерняларни ишлаб чиқаришда қуйи ҳароратда бўшатиш усулини қўллаш асосида энергия тежамкорлигини таъминлайдиган технология ишлаб чиқилган. Бу электр шлак усулида қуйма маҳсулот ишлаб чиқаришда энергия тежамкор режимини танлаш имконини беради.
8. Вал-шестерняларни сувли муҳитда термик (иссиқлик билан) ишлов бериш технологияси ишлаб чиқариш шароитига жорий этилди. Ишлаб чиқилган технологияни қўллаш вал-шестернянинг эксплуатацион хоссаларини 8-10% га ошириш имконини берди.

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

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**ЧОРШАНБИЕВ ШУХРАТ МАХМАТМУРОДОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ  
СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СТАЛЬ-45, ПОЛУЧАЕМЫХ  
ЭЛЕКТРОШЛАКОВЫМ ПЕРЕПЛАВОМ**

**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**

## Ташкент- 2020

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2020.2.PhD/Т.594.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете. Автореферат диссертации на двух языках (узбекский, русский и английский (резюме)) размещен на веб-странице ([www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz)) и информационно-образовательном портале «Ziyonet» ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

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

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

Атажанов Гапур Латибович  
кандидат технических наук, доцент

**Ведущая организация:** Андижанский машиностроительный институт

Защита диссертации состоится «» 2020 года в часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.Т.03.04 при Ташкентском государственном техническом университете. (Адрес: 100095, г.Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел./ факс:(99871)227-10-32, e-mail: [tadqiqotchi@tdtu.uz](mailto:tadqiqotchi@tdtu.uz))

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

Автореферат диссертации разослан « » 2020 года.  
(реестр протокола рассылки № от « » 2020 года).

**К.А.Каримов**  
Председатель научного совета по присуждению  
ученых степеней, д.т.н., профессор

**Ф.Р.Норхуджаев**  
Ученый секретарь научного совета по присуждению  
ученых степеней, д.т.н., профессор

**Ф.С.Абдуллаев**



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

### **Актуальность и востребованность темы диссертации.**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире на сегодняшний день разработка технологий по получению качественных отливок из черных и цветных сплавов, разработка технологий по созданию качественных и прочных изделий отвечающим требованиям мировых требований, конкурентоспособных и импортозамещающих приобретает особую важность. В связи с этим перед специалистами и учеными отрасли ставится важная задача по производству высококачественных, износостойких, прочных изделий для машиностроительных производств. В этом направлении в научно-исследовательских центрах многих развитых странах, включая США, Англию, Германию, Японию, Китай и Россию уделяется особое внимание повышению эксплуатационных свойств литых изделий из сталей различных марок.

Во всем мире проводятся целевые научно-исследовательские работы по усовершенствованию ресурсосберегающих технологий плавки сталей, разработке технологии плавки марки сталь 45 в электрических печах. В странах СНГ, в том числе России и Украине разрабатывают новые технологии плавки сталей для снижения ресурсо-и энергозатрат. В этом направлении приобретает особое значение проведение научных исследований по разработке технологий обеспечивающих износостойкость деталей изготовленных из марок сталь 45 для машиностроительной отрасли.

В Республике Узбекистан ведутся исследовательские работы по повышению эксплуатационных свойств на основе получения качественной структуры в процессе плавки сталей в электрических печах. Кроме этого проводятся объемные исследования как повышение эффективности ведения плавки и усовершенствованию технологий для повышения эффективности плавки. Ввиду этого, обеспечение приоритета по усовершенствованию технологий по обеспечению ресурсо-и энергосбережений при плаве сталей приобретает важную задачу.

В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах определены задачи, включая «... укрепление макроэкономической стабильности и сохранение высоких темпов роста экономики, повышение ее конкурентоспособности, ... сокращение энергоемкости и ресурсоемкости экономики, широкое внедрение в производство ресурсо-и энергосберегающих технологий»<sup>1</sup>. Для выполнения данных задач, в частности для обеспечения ресурсосбережения при плавке алюминиевых сплавов,

---

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

первостепенно важной задачей считается разработка новой конструкции алюминиево плавильного агрегата и технологии ведения плавки в этой печи. Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», в Постановлениях № ПП-2698 от 26 декабря 2016 года «О мерах по дальнейшей реализации перспективных проектов локализации производства готовых видов продукции, комплектующих изделий и материалов на 2017-2019 годы», № ПП-3117 от 7 июля 2017 года «О мерах по дальнейшему развитию научно-технической базы в сфере сельскохозяйственного машиностроения», № ПП-3682 от 27 апреля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

**Степень изученности проблемы.** Со стороны ведущих учёных мира ведутся масштабные исследовательские работы по разработке различных технологий нагрева и охлаждения сплавов, изменений внутренних строений, химических, физических и механических свойств и достигнуты результаты. В ведущих научных центрах и в высших учебных заведениях проведены масштабные исследования, в частности разработаны новые методы повышения прочности и износостойкости при получении сталей.

Ученые Англии Г.Бессемер и С.Томас, исследователь Франции П.Мартен разработали новые конструкции и методы получения стали. Ученый России Чернов разработал степень зависимости прочности сталей с его структурой. Он разработал график изменений внутренней структуры стали в зависимости от теплообмена и процесса термической обработки. Ученый Германии А.Ледебур степень зависимости структуры металла от температуры, ученые Англии Ф.Лавес и В.Юм-Розерлар изобрели фазы нового типа. Изменение структуры при сварке и термической обработке стали разработали Н.Н.Бенардос, Н.Г.Славянов, Р. Мел, Э. Бейн, Г. Ганнеман, Ф. Вефер и Г. Эссер.

Учёными стран СНГ А.А. Бочвар, Н.А. Минкевич, С.С. Штейнберг, Н.Я. Селяков, Н.Т. Гудцов, Г.В.Курдюмов, А.П.Гуляев, А.М.Бутлеров, С.В.Лебедев, П.А. Ребиндер, С.П.Королёв и А.Т.Туманов разработали технологию термической обработки и режимы для повышения износостойкости сталей. Исследователи Узбекистана профессор А.А.Мухаммедов, профессор Н.Д.Тураходжаев, профессор Ф.Р.Норхуджаев, профессор Ш.А.Каримов, д.т.н. Д.М.Бердиев разработали термические и термоциклические режимы для повышения прочности и износостойкости. Они определили зависимости

механических свойств от среды обработки и разработали термоциклическую обработку при средних температурах, а также обработку при повышенных температурах в среде жидкого расплава.

Несмотря на большие достижения исследований в области повышения прочности и износостойкости сталей, существует немало нерешенных проблем. В том числе, не проводились исследования по созданию почвы для повышения износостойкости сталей в самой печи в процессе плавки, который могли быть фундаментом повышению износостойкости получаемых деталей. Не разработаны эффективные технологии повышения эксплуатационных свойств деталей получаемых из марки сплава сталь 45, получение которых в электрошлаковых печах считаются ресурсосберегающими. Проведение теоритических и практических исследований по повышению прочности и износостойкости машиностроительных деталей из марки сталь 45 в электрошлаковых печах является актуальной задачей.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения или научно-исследовательскими институтами, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планами научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета в рамках проектов по темам Олмалик КМК” АЖ билан 2019 йил 19 июль куни тузилган № 63-2897 ЮР-сон «Разработка технологии изготовления зубьев вал-шестерни с повышенными эксплуатационными свойствами» (2018–2020 гг.).

**Цель исследования** состоит в разработке технологии повышения эксплуатационных свойств марки сталь 45, получаемых электрошлаковым способом.

**Задачи исследования:**

разработка эффективной технологии плавки марки сталь 45 для получения детали вал-шестерня;

повышение прочности зубьев вал-шестерни получаемых из марки сталь 45 электрошлаковым методом;

разработка технологии обеспечивающей ресурсосбережение при получении вал-шестерни из марки сталь 45 электрошлаковым методом;

разработка энергосберегающей тнехнологии теплового режима для плавки марки сталь 45;

разработка состава модификатора для обеспечения износостойкости при плавке марки сталь 45 в электршлаковой печи;

разработка технологии ввода модификатора в расплав для плавки марки сталь 45 в электрошлаковой печи с целью обеспечения износостойкости изделия.

**Объектом исследования** являются литые детали из марки сталь 45 методом электрошлакового переплава.

**Предметом исследования** является процесс заливки детали вал-шестерня из марки сталь 45 электрошлаковым методом, изготовление его зубьев и термическая обработка зубьев.

**Методы исследований.** При изучении количественных показателей по химическому составу, твердости, механическим свойствам и структуре получаемого сплава использовались диффрактометр Empyrean Malvern Panalytical, электронный сканирующий микроскоп Zeiss EVO MA 10 (Carl Zeiss), автотехническая машина серии “P-50 M”, установка “Dura Vision 20”, вертикальный фрезерный станок 6P-83.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

на основании материала вала разработаны режимы термической обработки вал-шестерни в водной среде;

на основе теории устранения сил напряжений разработана технология изготовления зубьев вал-шестерни;

на основании режимов термической обработки металлов разработана технология поочередной закалки вал-шестерни в среде вода-масло;

на основании анализа влияния температуры абразивной среды зубьев вал-шестерни полученных из сталь 45 электрошлаковым методом;

на основании физических свойств материала разработана термическая обработка для повышения срока службы изделия;

на основании термической обработки зубьев вал-шестерни, полученной методом электрошлаковым методом, разработан график твердости зубьев;

на основании применения низкотемпературного отпуска вал-шестерни получаемой электрошлаковым методом из марки сталь 45 разработана энергосберегающая технология плавки.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

создана возможность снижения себестоимости выпускаемой продукции за счет повышения эксплуатационных свойств получаемых деталей из марки сталь 45 методом электрошлакового переплава;

созданы условия применения ресурсосберегающей технологии при производстве машиностроительных деталей;

создана возможность применения энергосберегающей технологии при изготовлении машиностроительных деталей;

внедрена технология повышения поверхностной прочности зубьев вал-шестерни из марки сталь 45 получаемых электрошлаковым методом.

**Достоверность результатов исследования** основывается на точности поставленных задач, на применении в исследованиях современных и точных показателей в оборудовании, множеством количества проведенных экспериментальных исследований при повышении эксплуатационных свойств деталей из марки сталь 45 полученных электрошлаковым методом, а также

переработке с помощью математического моделирования полученных результатов, применением современной техники и технологий для определения значений физико-механических и эксплуатационных свойств, подтверждением результатов лабораторных исследований результатами в производственных условиях.

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

Научная значимость результатов исследования заключается в определении методов повышения механических свойств термоциклическим и высокотемпературными методами на основании термической обработки вал-шестерни марки сталь 45 полученного электрошлаковым методом литья .

Практическая значимость результатов исследования заключается в экономической эффективности от внедрения технологии повышающей износостойкость детали вал-шестерня из марки сталь 45 в электрошлаковым методом.

**Внедрение результатов исследования.** На основании полученных результатов по разработке технологии повышения эксплуатационных свойств деталей получаемых из сплава сталь 45 методом электрошлакового переплава разработаны и внедрены в производство:

режимы термической обработки вал-шестерни в водной среде внедрены на центральном механическом заводе АО «Алмалыкский ГМК» (справка 63-208 АО «Алмалыкский ГМК» от 5 июня 2020 года). В результате внедрения износостойкость вал-шестерни повысилась на 8-10 %;

технология изготовления зубьев вал-шестерни внедрена на центральном механическом заводе АО «Алмалыкский ГМК» (справка 63-208 АО «Алмалыкский ГМК» от 5 июня 2020 года). В результате внедрения разработанной технологии эксплуатационные свойства изделий увеличились на 18-20 %;

технология поочерёдной закалки вал-шестерни в среде вода-масло внедрена на центральном механическом заводе АО «Алмалыкский ГМК» (справка 63-208 АО «Алмалыкский ГМК» от 5 июня 2020 года). В результате внедрения твердость вал-шестерни увеличилась в 1,3-1,4 раза.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования диссертации были обсуждены на 6 научно-практических конференциях, в том числе на 4 международных и 2 республиканских конференциях и симпозиумах.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано всего 16 научных работ, 10 статей в журналах, рекомендованных опубликованию основных научных результатов докторских диссертаций ВАК Республики Узбекистан (республиканские журналы), в том числе 2 статьи в зарубежных журналах

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

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обоснованы актуальность и востребованность исследования, сформулированы цели и задачи исследования, выявленны 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 **«Актуальность темы диссертации. Обзор научных исследований проводимых в мире»** приводятся результаты литературного обзора по плавкам сталь 45 в электрошлаковых и других печах, приводятся технические решения, обобщаются аналитические исследования.

В мире на сегодняшний день разработка технологий по получению качественных отливок из черных и цветных сплавов, разработка технологий по созданию качественных и прочных изделий отвечающим требованиям мировых требований, конкурентоспособных и импортозамещающих приобретает особую важность. В связи с этим перед специалистами и учеными отрасли ставится важная задача по производству высококачественных, износостойких, прочных изделий для машиностроительных производств. В этом направлении в научно-исследовательских центрах многих развитых странах, включая США, Англию, Германию, Японию, Китай и Россию уделяется особое внимание повышению эксплуатационных свойств литых изделий из сталей различных марок.

Со стороны ведущих учёных мира ведутся масштабные исследовательские работы по разработке различных технологий нагрева и охлаждения сплавов, изменений внутренних строений, химических, физических и механических свойств и достигнуты результаты. В ведущих научных центрах и в высших учебных заведениях проведены масштабные исследования, в частности разработаны новые методы повышения прочности и износостойкости при получении сталей. Ученые Англии Г.Бессемер и С.Томас, исследователь Франции П.Мартен разработали новые конструкции и методы получения стали. Ученый России Чернов разработал степень зависимости прочности сталей с его структурой. Он разработал график изменений внутренней структуры стали в зависимости от теплообмена и процесса термической обработки. Ученый Германии А.Ледебур степень зависимости структуры металла от температуры, ученые Англии Ф.Лавес и В.Юм-Розерлар изобрели фазы нового типа. Изменение структуры при сварке и термической обработке стали разработали Н.Н.Бенардос, Н.Г.Славянов, Р. Мел, Э. Бейн, Г. Ганнеман, Ф. Вефер и Г. Эссер.

Учёными стран СНГ А.А. Бочвар, Н.А. Минкевич, С.С, Штейнберг, Н.Я. Селяков, Н.Т. Гудцов, Г.В.Курдюмов, А.П.Гуляев, А.М.Бутлеров, С.В.Лебедев, П.А. Ребиндер, С.П.Королёв и А.Т.Туманов разработали технологию термической обработки и режимы для повышения износостойкости сталей. Исследователи Узбекистана профессор А.А.Мухаммедов, профессор Н.Д.Тураходжаев, профессор Ф.Р.Норхуджаев, профессор Ш.А.Каримов, д.т.н. Д.М.Бердиев разработали термические и термоциклические режимы для повышения прочности и износостойкости. Они определили зависимости механических свойств от среды обработки и разработали термоциклическую обработку при средних температурах, а также обработку при повышенных температурах в среде жидкого расплава.

Во второй главе диссертации **«Выбор методики исследований и разработка методики исследования»** описан метод определения структуры, механических свойств получаемых отливок из сплава сталь 45 электрошлаковым методом. При изучении количественных показателей получаемого сплава использовались аналитические методы определения количественных показателей окисных и газовых включений методом экстракции, анализ сплава проводился с помощью оптической спектроскопии марки UV-VIS-NIR; микроструктура сплава изучалась с помощью сканирующего электронного микроскопа марки SEM-EDX на основе проходимости лучей; механические свойства и структура сплава изучалась с помощью диффрактометра Empyrean Malvern Panalytical, для определения газовой пористости применялась шкала пористости, лабораторные испытания химического состава проводились с применением комплексного сканирующего электронного микроскопа (Carl Zeiss EVO-MA-10).

Принцип работы микроскопов сканирующего электронного EVO MA10 основан на взаимодействии электронного пучка с поверхностью объекта. Электронный луч непрерывно сканирует тот участок поверхности объекта, изображение которого формируется микроскопом. При этом каждая точка поверхности объекта, в границах поля зрения микроскопов, отображается соответствующей точкой на формируемом изображении. При взаимодействии электронного луча с поверхностью объекта одновременно возникает сразу несколько ответных сигналов. В зависимости от того, какой детектор сигнала в данный момент включен, микроскопы формируют то или иное конкретное изображение. Микроскопы измеряют длину проекции геометрических расстояний на горизонтальную плоскость, т.е. расстояние между соответствующими точками на плоской и горизонтально ориентированной поверхности объекта.

Содержание водорода в расплаве определялось методом вакуумной экстракции. Данный метод основан на полном выделении газов из анализируемой пробы в условиях высокого вакуума и определение количества выделившегося газа после окончания экстракции. Для выделения из металла растворённого газа, за счёт температуры и давления обеспечивается смещение термодинамического равновесия системы газ-металл в сторону газовой фазы.

Из затвердевшей пробы вытачиваются пробы диаметром 8 мм и длиной 20 мм. Готовые образцы взвешиваются на аналитических и электронных весах с точностью до четвёртого знака и промываются в этиловом спирте.

Для определения газовой пористости образцы, вырезанные из полученной отливки обрабатывали до шероховатости Ra не более 1,6 мкм. Для определения газовой пористости макрошлиф травили, не выявляя макроструктуры, затем промывали проточной водой и просушивали фильтровальной бумагой. Для определения газовой пористости пользовались шкалой пористости. Степень пористости макрошлифов в баллах устанавливали сравнением их с эталонами шкалы. Газовая пористость образцов определялась на трех квадратах площадью 1 см<sup>2</sup> каждый.

Количество содержания оксида алюминия в получаемом расплаве определялось фотометрическим методом. Пробы в виде пластинок весом 1,00 грамм зачищали от пленки оксида и хранили под слоем этилового спирта. Перед взвешиванием пробу просушивали фильтровальной бумагой, помещали в колбу ёмкостью 100 см<sup>3</sup>, в которую заливается реакционная смесь из расчёта 70 см<sup>3</sup> на 1 грамм пробы. Оптическую полость раствора измеряли при длине волны 535 мм в кювете с толщиной слоя 45-50 мм с помощью пламенного фотометрического фотометра ПФМ. Раствором сравнения служила вода, содержащая все реактивы без содержания алюминия.

Третья глава диссертации «**Разработка технологии плавки сталь 45 в электрошлаковой печи**» посвящена результатам исследований по разработке технологии обеспечивающей качество металла при плавке сплава марки сталь 45 в электрошлаковой печи.

При проведении исследований различных диаметр валов из сталь 45 получаемых электрошлаковым методом. Был проведён анализ технологии применяемой на центральном ремонтно-механическом заводе при АО «Алмалыкский ГМК» системы электрод-алюминий для плавки сталь 45. С целью усовершенствования технологии были использованы системы сталь-алюминий следующего соотношения:

При диаметре кристаллизатора 100, 200, 300 и 400 мм в состав электрода из сталь 45 добавляли алюминий в количестве 4, 8, 12 и 16 %.

По результатам исследований, при диаметре кристаллизатора 100, 200 и 300 мм, содержание алюминия в электроде заметное, а при диаметре 400 мм содержание алюминия резко сказалось на качестве. То есть, с повышением диаметра влияние содержания алюминия в электроде сталь 45 на содержание кислорода резко увеличилось. Значит, можно предположить, что с увеличением диаметра концентрация количества газа в составе отливки снижается. В таблице приведены результаты исследований. Исходя из этого, исследовательские работы были проведены на кристаллизаторе диаметром 600 мм.



№ п/п	Диаметр кристаллизатора, мм	Содержание Al в составе электрода, %	Содержание кислорода в получаемых отливках, %
1	2	3	4
1	400	4	0,034-0,036
		8	0,01-0,12
		12	0,006-0,0062
		16	0,002-0,0022
2	300	4	0,034-0,036
		8	0,02-0,022
		12	0,012-0,014
		16	0,01-0,012
3	200	4	0,034-0,036
		8	0,024-0,026
		12	0,018-0,02
		16	0,012-0,014
4	100	4	0,034-0,036
		8	0,026-0,028
		12	0,022-0,024
		16	0,018-0,02

Как видно из результатов исследований, 1. Независимо от диаметра кристаллизатора, при добавлении менее 2 % алюминия в электрод, содержание газов в отливках практически одинаково (0,034-0,04 %) бұлди. 2. Наблюдалось резкое снижение газов (кислорода) при добавлении алюминия в состав электрода 15-16% при диаметре отливки (0,002-0,0022 %). Это показывает о равномерном расплавлении металла в кристаллизаторе и равномерное распределение газов по объёму отливки.

Проведены исследования по закалке в воде и масле валов из сталь 45 диаметрами 100, 200, 300, 400 и 600 мм полученных из электрошлаковой печи. При этом использовалась среда вода, масло и вода-масло. Здесь наблюдалось резкое повышение твёрдости при закалке в воде в течение 10-12 секунд, в масле в течение 20-22 секунды, в системе вода-мала в течение 16-18 секунды. Наряду с этим, наблюдались микротрещины на зубьях, бразовавшихся в процессе их нарезания. При диаметре вал-шестерни 600 мм и выше с закалкой в системе вода-масло в течение 16-18 секунд, твёрдость увеличилась на 10-14 %, в то же время микротрещины не наблюдалсь.

Был разработан график изменения твёрдости после закалки в воде валов диаметром 100, 200, 300, 400 и 600 мм полученных электрошлаковым методом. Наблюдалось резкое увеличение твердости при высоких скоростях термообработки. Однако, наблюдалось и снижение твёрдости поверхности с увеличением диаметра образцов. На рисунке 1 приведены графики зависимости

изменения твёрдости и диаметра образца при различных скоростях нагрева и охлаждения.

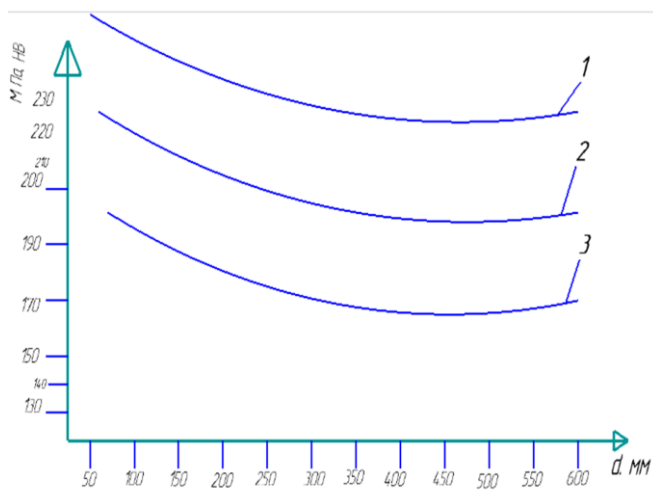


Рис. 1. Зависимость твёрдости поверхности вала от его диаметра

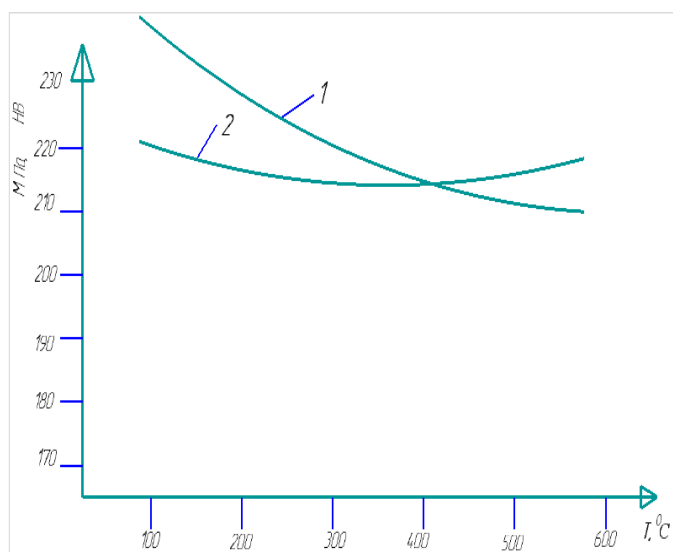


Рис 2. 1-закалка в воде (20 °С); 2-закалка в масле (24 °С)

Из отливок полученных в электрошлаковой печи вырезали по 3 образца с верхней части, со середины и нижней части. Для изучения механических свойств были вырезаны образцы длиной 30 мм, шириной 20 мм, толщиной 8 мм и вытачивались на фрезерном станке 6Р-83 в соответствии с необходимыми параметрами (рисунок 3).



**Рисунок 3. Образцы, полученные для анализов.**

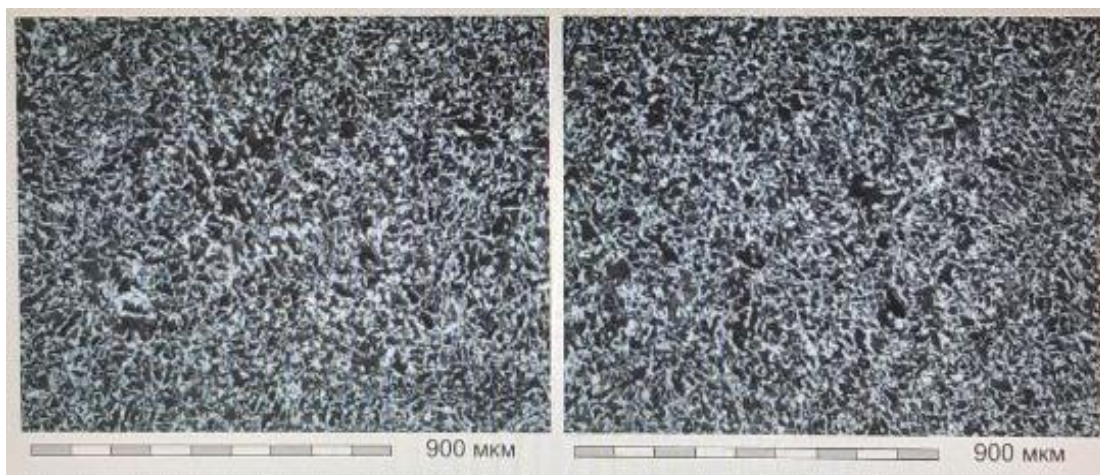
Вырезанные и подготовленные образцы были испытаны на механические свойства на автомеханической машине “Р-50 М” лаборатории УРЗА при центральном ремонтно-механическом заводе. Результаты исследований приведены в таблице.

Таблица

**Характеристика результатов анализа**

Результаты исследований и характеристика	
Граница соответствия, кгс	4662
Сила тяжести на граничных участках (0,05%), кгс	4568
Сила высокой рентабельности, кгс	1211
Сила низкой рентабельности, кгс	1203
Максимальная нагрузка, кгс	4662
Граница пропорциональности $d_{mm}$ , кгс/мм <sup>2</sup>	28.74
Граница мягкости (0.05%), кгс/мм <sup>2</sup>	28.15
Сила высокой рентабельности, кгс/мм <sup>2</sup>	7.46
Сила низкой рентабельности, кгс/мм <sup>2</sup>	7,41
Временное сопротивление, кгс/мм <sup>2</sup>	28.74
Относительное пространство, %	0.2

Структура полученных образцов приведена на рисунке 4. Здесь за счет снижения неметаллических включений на поверхности сплава, твёрдость увеличилась до 192-194 НВ.



**Рис. 4. Структура сплава сталь 45 полученного электрошлаковым методом.**

В четвёртой главе по названию «**Внедрение разработанной технологии в производственное предприятие и создание её математической модели**» приводятся результаты внедрения технологии повышения износостойкости деталей полученных электрошлаковым методом из сталь 45 и создание математической модели разработки.

В цеху ЭШП центрального ремонтно-механического завода выплавлены две отливки диаметром 600 мм, длиной 350 мм, весом 690 кг и на различных станках механического цеха были изготовлены зубья вал-шестерни для определения их твёрдости и механических свойств после режимов изготовления и нарезания зубьев. При обработке на механическом цеху были подготовлены полуфабрикаты диаметром 590 мм, длиной 230 мм и весом 195 кг. Затем были нарезаны шпоночные пазы шириной 45 мм и глубиной 12,5 мм, но с внутренней части заготовки оставили 2 мм без нарезания. Для определения твёрдости сплава были вырезаны образцы размером 40x40 мм и определены твёрдости сталь 45, в лабораторных условиях ЦРМЗ (НВ=192-194).

Для составления математической модели процесс в соответствии с приведёнными выше данными, можно получить множители рафиков и функций. Для этого рассмотрим составление функции определения содержания кислорода в зависимости от изменения соотношения алюминия в электроде. На основе теории общей математики, эта задача решается созданием интерполяционного многофактора Лангранжа. В частности, говоря с точки зрения линейной алгебры, решая систему уравнений образует функциональную связь. Интерполяционный множитель Лагранжа  $P(x)$ ,  $P(x_0) = y_0, P(x_1) = y_1, \dots, P(x_n) = y_n$  необходимо описать систему в этом виде. Вид этой открытой системы будет иметь:



$x$  в уравнении (4) для переменного электрода с содержанием Al выражает,  $P(x)$  соответственно с содержанием Al .

Изображая график этой функции (4) минимальное содержание кислорода в расплаве в зависимости от содержания алюминия в электроде определяется из этого уравнения.

Необходимо отметить, что для идеального условия функциональная зависимость (4) для диаметра кристаллизатора (400 мм) содержание алюминия в электроде может точно предсказать количество кислорода в получаемом расплаве.

2) Для диаметра кристаллизатора равной 300 мм:

$$n = 3, \lambda_0 = 4, \lambda_1 = 8, \lambda_2 = 12, \lambda_3 = 16;$$

$$\mu_0 = 0,035, \mu_1 = 0,021, \mu_2 = 0,013, \mu_3 = 0,011.$$

Для (1) алгебраическая система уравнений будет иметь вид:

$$\begin{cases} a_0 + 4a_1 + 16a_2 + 64a_3 = 0,035 \\ a_0 + 8a_1 + 64a_2 + 512a_3 = 0,021 \\ a_0 + 12a_1 + 144a_2 + 1728a_3 = 0,013 \\ a_0 + 16a_1 + 256a_2 + 4096a_3 = 0,011 \end{cases} \quad (5)$$

Решая систему уравнений (5), определяя коэффициенты  $a_0, a_1, a_2, a_3$ , определяем, что  $a_0 = 0,055, a_1 = -0,00575, a_2 = 0,000188, a_3 = 0,00002$ , это позволяет определить количество кислорода в расплаве в зависимости от диаметра электрода и количества алюминия в этом электроде:

$$\mu(\lambda) = 0,055 - 0,00575\lambda + 0,000188\lambda^2 - 0,000003\lambda^3. \quad (6)$$

Если переменное  $\lambda$  выражает содержание алюминия в электроде в уравнении (6),  $\mu(\lambda)$  выражает количество кислорода в расплаве в соответствии с содержанием алюминия в электроде.

3) Для диаметра кристаллизатора равному 200 мм:

$$n = 4, \lambda_0 = 4, \lambda_1 = 8, \lambda_2 = 12, \lambda_3 = 16;$$

$$\mu_0 = 0,035, \mu_1 = 0,025, \mu_2 = 0,019, \mu_3 = 0,013.$$

Алгебраическая система уравнений для (1) будет иметь вид:

$$\begin{cases} a_0 + 4a_1 + 16a_2 + 64a_3 = 0,035 \\ a_0 + 8a_1 + 64a_2 + 512a_3 = 0,025 \\ a_0 + 12a_1 + 144a_2 + 1728a_3 = 0,019 \\ a_0 + 16a_1 + 256a_2 + 4096a_3 = 0,013 \end{cases} \quad (7)$$

Решая систему уравнений (7), определяем значения коэффициентов  $a_0, a_1, a_2, a_3$ , и выясняем что  $a_0 = 0,053, a_1 = -0,005833, a_2 = 0,000375, a_3 = -0,00001$ . Исходя из этого, функция определяющая количество кислорода в расплаве в зависимости от содержания алюминия в электроде будет иметь вид:

$$\mu(\lambda) = 0,053 - 0,005833\lambda + 0,000375\lambda^2 - 0,00001\lambda^3. \quad (8)$$

4) Для диаметра кристаллизатора равному 100 мм:

$$n = 4, \lambda_0 = 4, \lambda_1 = 8, \lambda_2 = 12, \lambda_3 = 16;$$

$$\mu_0 = 0,035, \mu_1 = 0,027, \mu_2 = 0,023, \mu_3 = 0,019.$$

Алгебраическая система уравнений для (1) будет иметь вид:

$$\begin{cases} a_0 + 4a_1 + 16a_2 + 64a_3 = 0,035 \\ a_0 + 8a_1 + 64a_2 + 512a_3 = 0,027 \\ a_0 + 12a_1 + 144a_2 + 1728a_3 = 0,023 \\ a_0 + 16a_1 + 256a_2 + 4096a_3 = 0,019 \end{cases} \quad (9)$$

Решая систему уравнений (9), определяем значения коэффициентов  $a_0, a_1, a_2, a_3$ , и выясняем что  $a_0 = 0,053, a_1 = -0,005833, a_2 = 0,000375, a_3 = -0,00001$ . Исходя из этого, функция определяющая количество кислорода в расплаве в зависимости от содержания алюминия в электроде будет иметь вид:

$$\mu(\lambda) = 0,053 - 0,005833\lambda + 0,000375\lambda^2 - 0,00001\lambda^3. \quad (10)$$

Решая систему уравнений (10), определяем значения коэффициентов  $a_0, a_1, a_2, a_3$ , и выясняем что  $a_0 = 0,053, a_1 = -0,005833, a_2 = 0,000375, a_3 = -0,00001$ . Исходя из этого, функция определяющая количество кислорода в расплаве в зависимости от содержания алюминия в электроде будет иметь вид:

$$\mu(\lambda) = 0,053 - 0,005833\lambda + 0,000375\lambda^2 - 0,00001\lambda^3.$$

Таким образом, можно составить функцию для определения содержания кислорода в расплаве в зависимости от содержания алюминия в электроде для любого диаметра кристаллизатора.

Для получения расплава с необходимым содержанием кислорода в расплаве, можно регулировать содержание алюминия в электроде и диаметр кристаллизатора по выражениям (4), (6), (8), (10).

В приведенных табличных данных с использованием интерполяцию Лагранжа, можно описать функциональную зависимость функций.

По полученным математическим выражениям можно сказать, что создание математической модели процесса позволяет упростить практические исследования. Точнее говоря, проведя предварительные исследования, можно спрогнозировать результаты следующих экспериментов.

Как и для предыдущего примера, следующая задача решается с помощью интерполяционной многофукцией Лагранжа:

$$\begin{bmatrix} 1 & d_0 & d_0^2 & \dots & d_0^n \\ 1 & d_1 & d_1^2 & \dots & d_1^n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & d_n & d_n^2 & \dots & d_n^n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} HB_0 \\ HB_1 \\ \vdots \\ HB_n \end{bmatrix}. \quad (11)$$

В виде векторного уравнения это будет:

$n = 5$ ,  $d_0 = 1$  м,  $d_1 = 1,85$  м,  $d_2 = 3,1$  м,  $d_3 = 4,4$  м,  $d_4 = 5,5$  м,  $d_5 = 6$  м,  
 $HB_0 = 200$ ,  $HB_1 = 190$ ,  $HB_2 = 170$ ,  $HB_3 = 150$ ,  $HB_4 = 140$ ,  $HB_5 = 130$  [МПа], система уравнений будет иметь вид:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1.85 & 1.85^2 & \dots & 1.85^5 \\ 1 & 3.1 & 3.1^2 & \dots & 3.1^5 \\ 1 & 4.4 & 4.4^2 & \dots & 4.4^5 \\ 1 & 5.5 & 5.5^2 & \dots & 5.5^5 \\ 1 & 6 & 6^2 & \dots & 6^5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 200 \\ 190 \\ 170 \\ 150 \\ 140 \\ 130 \end{bmatrix} \quad (12)$$

Решая эту ситему уравнений, определяем:

$$a_0 = 230,230433, \quad a_1 = -58,021149, \quad a_2 = 41,92999, \\ a_3 = -16,925951, \quad a_4 = 2,974503, \quad a_5 = -0,187826$$

В соответствии с этим, твердость поверхности вала в зависимости от его диаметра при получении из электрошлаковой печи будет иметь следующее выражение:

$$HB(d) = 230,230433 - 58,02115d + 41,92999d^2 - 16,92595d^3 + 2,974503d^4 - 0,187826d^5. \quad (13)$$

С помощью функции (13) можно определить твёрдость поверхности вала в зависимости от диаметра вала при получении из электрошлаковой печи.

## ВЫВОДЫ

1. На основании материала вала разработаны режимы термической обработки вал-шестерни в водной среде. Это служит для увеличения износостойкость вал-шестерни на 8-10%.



2. На основе теории устранения сил напряжений разработана технология изготовления зубьев вал-шестерни. Это служит для повышения эксплуатационных свойств продукции на 18-20% .
3. На основании режимов термической обработки металлов разработана технология поочередной закалки вал-шестерни в среде вода-масло. Это служит для увеличения срока службы в 1,3-1,4 раза.
4. На основании анализа влияния температуры абразивной среды зубьев вал-шестерни полученных из сталь 45 электрошлаковым методом. Это позволит повысить эксплуатационные свойства зубьев вал-шестерни.
5. На основании физических свойств материала разработана термическая обработка для повышения срока службы изделия. Это позволит прогнозировать выхода из строя деталей за счет изнашивания.
6. На основании термической обработки зубьев вал-шестерни, полученной методом электрошлаковым методом, разработан график твердости зубьев. Это служит для разработки режимов термической обработки зубьев вал-шестерни.
7. На основании применения низкотемпературного отпуска вал-шестерни получаемой электрошлаковым методом из марки сталь 45 разработана энергосберегающая технология плавки. Это позволит выбору энергосберегающего режима при получении отливок электрошлаковым методом.
8. Внедрена технология термической (с применением тепла) обработки вал-шестерни в водной среде. Применение разработанной технологии позволило повысить эксплуатационные свойства вал-шестерни на 8-10%.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.T.03.04 ON THE ADMISSION OF  
SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT STATE TECHNICAL  
UNIVERSITY**

---

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

**CHORSHANBIEV SHUKHRAT MAXMATMURODOVICH**

**INCREASING OPERATIONAL PROPERTIES AND DESIGNING  
TECHNOLOGY OF DETAILS WHICH ARE TAKEN FROM THE STEEL  
MARKED STEEL-45 BY THE METHOD OF ELECTRICAL SLAG**

**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. Technology of rare, valuable and radioactive elements  
(Foundry and metal processing)**

**ABSTRACT**

**Of thesis of Doctor of Philosophy (Ph.D.) in Technical Sciences**

**TASHKENT- 2020**

**The theme of the Ph.D. in technical sciences is registered in the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan for B2020.2.PhD/T594 .**

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](http://www.tdtu.uz)) and the information and educational portal "Ziyonet" ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Scientific supervisor:** **Turakhodjaev Nodir Djakhongirovich**  
doctor of technical science, professor

**Official opponents:** **Abdullaev Fatkhulla Sagdullaevich**  
doctor of technical sciences, professor

**Atajanov Gapur Latibovich**  
candidate of technical science, associate professor

**Lead organization:** **Andijan machine building institute**

Defense of the thesis will be held « » 2020 at <sup>00</sup> hours at a meeting of the Scientific Council DSc.03/30.12.2019.T.03.04 at the Tashkent State Technical University and the National University of Uzbekistan. (Address: 100095, Tashkent, Universitet str., 2. Tel./fax: (99871) 227-10-32, e-mail: [tadqiqotchi@tdtu.uz](mailto:tadqiqotchi@tdtu.uz))

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

The thesis abstract was sent out « » 2020 year.  
(register of the distribution protocol № from « » 2020 year).

**K.A.Karimov**

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

**F.R.Norkhudjaev**

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

**F.S.Abdullaev**

Chairman of the Scientific Seminar of the Scientific Council on awarding academic degrees, doctor of Technical Sciences, professor

**The purpose of the research** is to develop a technology for improving the performance properties of steel 45, obtained by the electro slag method.

**The object of the research** is the design of an electrical slag furnace with a non-consumable graphite electrode, aluminum alloys of the AL9 and AK5M2 brands.

**Scientific novelty of the research are following:**

on the basis of the shaft material, the modes of heat treatment of the gear shaft in an aqueous medium were developed;

on the basis of the theory of elimination of stress forces, a technology for the manufacture of gear shaft teeth was developed;

based on the modes of heat treatment of metals, a technology has been developed for the alternate quenching of the pinion shaft in a water-oil environment;

based on the analysis of the effect of the temperature of the abrasive medium of the gear shaft teeth obtained from steel 45 by the electro slag method;

based on the physical properties of the material, heat treatment has been developed to increase the service life of the product;

on the basis of heat treatment of the gear shaft teeth, obtained by the electro slag method, a graph of the hardness of the teeth was developed;

on the basis of the using low-temperature tempering of the pinion shaft obtained by the electro slag method from steel 45, an energy-saving melting technology has been developed.

**Implementation of the research results.** Based on the results obtained on the development of technology for improving the operational properties of parts, which obtained from the alloy steel 45 by the method of electro slag remelting, the following have been developed and introduced into production:

heat treatment modes of the pinion shaft in an aqueous medium have been introduced at the central mechanical plant of JSC Almalyk MMC (reference 63-208 of Almalyk MMC JSC dated June 5, 2020). As a result of the introduction, the wear resistance of the pinion shaft increased by 8-10%;

the technology for manufacturing gear shaft teeth has been introduced at the central mechanical plant of JSC Almalyk MMC (reference 63-208 of JSC Almalyk MMC dated June 5, 2020). As a result of the implementation of the developed technology, the performance properties of the products increased by 18-20%;

the technology of alternate hardening of the pinion shaft in a water-oil environment has been introduced at the central mechanical plant of JSC Almalyk MMC (reference 63-208 of JSC Almalyk MMC dated June 5, 2020). As a result of the introduction, the hardness of the pinion shaft increased by 1.3-1.4 times.

**The structure and volume of the thesis.** The structure of the thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a bibliography, list of references and appendixes. The volume of the thesis is 120 pages.

**Эълон қилинган ишлар  
рўйхати Список  
опубликованных работ List of  
published works**

**I–бўлим (I – част; I–part)**

1. Н.Д.Тураходжаев, Ж.С.Камолов, Ф.Н.Тураходжаева, Ш.Б.Ташбулатов, Ш.М.Чоршанбиев Тепаловая схема плавки металла под слоем биологически активного флюса// Проблемы механики илмий-техникавий ва амалий журнали, 2018. №3.– С.75-79 (05.00.00., №6).
2. Н.Д.Тураходжаев, Л.Э.Якубов, Ш.Б.Ташбулатов, Ш.М.Чоршанбиев, Ф.Н.Тураходжаева Математическая модель процесса плавки медных сплавов для обеспечения ресурсосбережения// Композицион материаллар илмий-техникавий ва амалий журнали, 2018. №3.– С.104-106 (05.00.00., №13).
3. Н.Д.Тураходжаев, Л.Э.Якубов, Ш.Б.Ташбулатов, Ш.М.Чоршанбиев, Ф.Н.Тураходжаева Разработка технологии ведения плавки медных сплавов для снижения угара// Композицион материаллар илмий-техникавий ва амалий журнали, 2018. №3.– С.103-104 (05.00.00., №13).
4. Л.Э.Якубов, Ш.Б.Ташбулатов, Ш.М.Чоршанбиев, Д.О.Низамова, Ф.Ф.Турдиев, Ф.Н.Тураходжаева, Н.Д.Тураходжаев Разработка состава флюса для плавки медных сплавов// Композицион материаллар илмий-техникавий ва амалий журнали, 2018. №4.– С.84-86 (05.00.00., №13).
5. Л.Э.Якубов, Ш.Б.Ташбулатов, Ш.М.Чоршанбиев, Ф.Н.Тураходжаева, Н.Д.Тураходжаев Разработка режима нагрева шихты при плавке медных сплавов в электрических печах// Композицион материаллар илмий-техникавий ва амалий журнали, 2018. №4.– С.79-80 (05.00.00., №13).
6. Н.Д.Тураходжаев, Ш.М.Чоршанбиев, Ш.Б.Ташбулатов, Ф.У.Одилов, Р.С.Зокиров Вал-шестерня деталларининг ейилиш бардошлигини ошириш// Композицион материаллар илмий-техникавий ва амалий журнали, 2019. №2.– С.106-108 (05.00.00., №13).
7. Nodir Turakhodjaev, Shukhrat Chorshanbiev, Furkat Odilov, Sherzod Tashbulatov, Ruslan Zokirov Development of Technology for Preventing the Tooth Teeth of Gear Shaft//Advanced Materials Research Vol.1157. -P.-252-255.
8. N. Turakhodjaev, S.h Chorshanbiev, N.Sadikova, J.Egamshukurov Strengthening the Strength of Gear Shaft Teeth with High Performance//Technical Science and Innovation 2020.№1. -P.-213-220.
9. Turakhodjaev Nodir, Chorshanbiev Shukhrat, Sadikova Nargiza, Chorshanbiev Kulmukhammad Ways to Increnght of Shaftgear Teeth Working in a Highly Abrasive Grinding Environment//Journal of Critical Reviews Vol. 7. Issue 7, 2020 -P.-904-907.
10. Turakhodjaev Nodir, Chorshanbiev Shukhrat, Kamalov Jamaliddin, Yuldashev Bekzod, Egamshukurov Jaloliddin, Chorshanbiev Kulmukhammad Ways to Increase the Strength of the Surface of the Parts//Journal of Critical Reviews Vol. 7. Issue 11, 2020 -P.-380-386.

## II – бўлим (II – част; II –part)

11. Н.Д.Тураходжаев, Ш.М.Чоршанбиев, Ш.Б.Ташбулатов, Ф.Н.Тураходжаева, Н.Т.Назарова Процесс плавки легкоокисляемой алюминиевой и медной стружки в электрошлаковой печи// Корпоратив бошқарув: назария ва замонавий амалиёт. Илмий мақолалар тўплами. 23 январь, 2019 йил. Тошкент. -С.-362-363.
12. Н.Д.Тураходжаев, Ш.М.Чоршанбиев, Ш.Б.Ташбулатов, Ф.Н.Тураходжаева, Н.Т.Назарова Разработка технологии извлечения меди и других цветных металлов из производственных шлаков// Корпоратив бошқарув: назария ва замонавий амалиёт. Илмий мақолалар тўплами. 23 январь, 2019 йил. Тошкент. -С.-363-364.
13. Тураходжаев Н.Д., Ташбулатов Ш.Б., Чоршанбиев Ш.М., Одилов Ф.У., Зокиров Р.С. Разработка технологии извлечения алюминия и других цветных металлов из производственных шлаков в электрошлаковых печах// Инновация 2019. Илмий мақолалар тўплами. Тошкент 2019. -С.-176-178.
14. Ш.Б.Ташбулатов, С.А.Турсунбаев, Ш.М.Чоршанбиев Влияние различных примесей и добавок на свойства меди. VII Материалы Международной научно-технической конференции. Омск, 21-23 мая 2018 г. -С.-24-27.
15. С.А.Расулов, Ш.Б.Ташбулатов, Ш.М.Чоршанбиев, Ф.Н.Тураходжаева Методы извлечения меди из отходов производства// Международная научно-практическая конференция Проблемы повышения эффективности работы современного производства и энерго-ресурсосбережения. 3-4 октября 2018 года, Андижан. -С.-247-250.
16. Sh. Chorshanbiev N.Turakhodjaev Methods For Enhancing The Strength of The Toothed Wheels//Proceedings of the VIII International symposium on Specialty Polymers. August 23-25, Karaganda 2019. -P.-46-49.