

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

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР УНИВЕРСИТЕТИ

БАРАКАЕВ ФАХРИДДИН НАЖМИДДИНОВИЧ

**ҚУЙМА УСУЛДА ЗАНГЛАМАС ПЎЛАТЛАРДАН ОЛИНАДИГАН
ДЕТАЛЛАРНИНГ ЕЙИЛИШБАРДОШЛИГИНИ ОШИРИШ ВА
УЛАРГА ТЕРМИК ИШЛОВ БЕРИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ
ЧИҚИШ**

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

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

ТОШКЕНТ – 2025

Фалсафа доктори(PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of dissertation abstract of Doctor of Philosophy (PhD)

БАРАКАЕВ ФАХРИДДИН НАЖМИДДИНОВИЧ

Қуйма усулда зангламас пўлатлардан олинадиган деталларнинг ейилишбардошлигини ошириш ва уларга термик ишлов бериш технологиясини ишлаб чиқиш.....3

БАРАКАЕВ ФАХРИДДИН НАЖМИДДИНОВИЧ

Разработка технологии повышения износостойкости деталей получаемых из нержавеющей стали методом литья и их термической обработки19

Barakaev Fakhriddin Najmiddinovich

Development of technology for increasing the wear resistance of stainless steel parts and their heat treatment.....33

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....37

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

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР УНИВЕРСИТЕТИ

БАРАКАЕВ ФАХРИДДИН НАЖМИДДИНОВИЧ

**ҚУЙМА УСУЛДА ЗАНГЛАМАС ПЎЛАТЛАРДАН ОЛИНАДИГАН
ДЕТАЛЛАРНИНГ ЕЙИЛИШБАРДОШЛИГИНИ ОШИРИШ ВА
УЛАРГА ТЕРМИК ИШЛОВ БЕРИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ
ЧИҚИШ**

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

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

ТОШКЕНТ – 2025

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2024.2.PhD/Т4656 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

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

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

Расмий оппонентлар: **Халикулов Уткир Мирзакамалович**
техника фанлари доктори, доцент

Худояров Сулейман Рашидович
техника фанлари доктори, доцент

Етакчи ташкилот: **Андижон давлат техника институти**

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.Т.03.04 рақамли Илмий кенгашнинг 2025 йил «29» декабр соат 13⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент шаҳар, Олмазор тумани, Университет кўчаси 2-уй. Тел/факс.: (99871) 207-14-64, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (71 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент шаҳар, Олмазор тумани, Университет кўчаси 2-уй. Тел/факс.: (99871) 207-14-64).

Диссертация автореферати 2025 йил «16» декабр куни тарқатилди.
(2025 йил «16» декабрдаги № 206 рақамли реестр баённомаси).

К.А. Каримов

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

Ш.Б. Ташбулатов

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

Н.С. Дуняшин

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

КИРИШ (Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда зангламас пўлатлардан қўйма усулда олинадиган деталларнинг хизмат муддати, уларнинг мустаҳкамлиги ва ейилишга бардошлилигини ошириш ҳамда уларга термик ишлов бериш технологиясини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этмоқда. Бугунги кунда ушбу соҳа ривожланган мамлакатлар, жумладан АҚШ, Германия, Италия, Россия, Хитой, Япония каби мамлакатларни илмий-тадқиқот марказларида зангламас пўлатлардан машинасозлик деталларини қўйма усулда ишлаб чиқишда уларнинг юза каттиклигини ошириш асосида ейилишбардошлигини ошириш, зангламас пўлатларни суюқлантиришда ресурстежамкорликни таъминлаш ҳамда қўйма деталларга термик ишлов беришда энергия тежамкорликни таъминлаш, зангламас пўлатлардан олинаётган қўйма маҳсулотларнинг ейилишбардошлигини оширишда экология хавфсизлигини таъминлаш, ҳосил бўлган структуранинг донадорлигини талаб даражасида бўлишини таъминлаш, зангламас пўлатлардан олинадиган қўймаларнинг эксплуатацион хоссаларини яхшилашга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Дунёда зангламас пўлатлардан қўйма усулда машинасозлик деталларини олиш жараёнида уларнинг ейилишбардошлигини таъминловчи барқарор структурани шакллантириш ҳамда термик ишлов бериш технологияларини такомиллаштиришга қаратилган қатор илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Жумладан зангламас пўлатларни индукцион печларида суюқлантиришда ейилишбардошликни таъминлаш учун қўлланиладиган модификаторларнинг сарфини камайтириш, суюқлантириш даврида ресурс тежамкорликни таъминлаш учун суюқ ваннада эритиш технологиясини қўллаш, зангламас пўлатдан олинадиган қўйма маҳсулотларнинг ейилишбардошлигини ошириш учун янги модификатор турларини ишлаб чиқиш, қўйма маҳсулотларнинг мустаҳкамлигини ошириш учун уларга термик ишлов бериш режимлари такомиллаштириш бўйича қатор илмий изланишлар олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан зангламас пўлатдан олинадиган қўйма маҳсулотларнинг ейилишбардошлигини ошириш учун қўлланиладиган модификаторларнинг янги такибини ишлаб чиқиш, қўйма маҳсулотларга термик ишлов бериш орқали барқарор структура шаклланишини таъминлаш, ресурс ва энергия тежамкорлигини таъминлайдиган технологияларни такомиллаштириш долзарб вазифалардан бири ҳисобланади.

Республикамизда машинасозлик зангламас пўлатлардан қўйма маҳсулотлар ишлаб чиқишда индукцион печларида суюқлантириш технологиясини такомиллаштириш, печ ичида зангламас пўлатларни ишлаб чиқаришда модификаторнинг тенг тақсимланишини таъминлаш, олинаётган қўймаларнинг ейилишбардошлигини ошириш технологияларини такомиллаштириш, қўйма маҳсулотларнинг ейилишга бардошлилигини ошириш учун қўлланиладиган модификаторларнинг янги таркибини ишлаб чиқишда ва қўймаларнинг ишчи қисмларининг хизмат қилиш муддатларини

ошириш бўйича кенг илмий тадқиқотлар амалга оширилмоқда. Ушбу вазифаларни амалга оширишда зангламас пўлатдан олинган қуйма маҳсулотларнинг, жумладан сув насоси қурилмаларининг ишчи қисмларини ишлаб чиқаришда босим остида қуйиш технологияларини такомиллаштириш ва уларга термик ишлов бериш режимларини оптималлаштириш бўйича илмий изланишлар олиб бориш муҳим ҳисобланади. 2022-2026-йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида, жумладан “Миллий иқтисодиётни жадал ривожлантириш ва юқори ўсиш суръатларини таъминлаш асосида Миллий иқтисодиёт барқарорлигини таъминлаш ва ялпи ички маҳсулотда саноат улушини оширишга қаратилган саноат сиёсатини давом эттириб, саноат маҳсулотларини ишлаб чиқариш ҳажмини 1,4 бараварга ошириш”¹ каби муҳим вазифалар белгиланган. Ушбу вазифаларни амалга оширишда насос қурилмалари ишчи қисмларини ишлаб чиқаришда қуйиш технологияларини такомиллаштириш ва термик ишлов бериш режимларини оптималлаштириш бўйича илмий изланишлар олиб бориш алоҳида аҳамият касб этмоқда.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60 сонли “2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида”ги фармони¹, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 24 январдаги ПҚ-99 сонли “Республикада ишлаб чиқаришни ривожлантириш ва саноат кооперациясини кенгайтиришнинг самарали тизимини яратиш чора-тадбирлари тўғрисида”ги Қарори, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 6 июлдаги ПҚ-307 сонли “2022-2026 йилларда Ўзбекистон Республикасининг инновацион ривожланиш стратегиясини амалга ошириш бўйича ташкилий чора-тадбирлар тўғрисида” Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертатсия иши 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 зангламас пўлатдан машинасозлик деталларини ишлаб чиқаришда самарали технологияни яратиш бўйича кўплаб тадқиқотлар олиб борилган. Дунёнинг етакчи олимлари, жумладан Америка пўлат ва темир институти AISI (American iron and Steel Institute) олиб борилган. Тадқиқотлар натижасида зангламас пўлатларни ишлаб чиқиш таркибни оптималлаштириш турли легирловчи элементларни (хром, никель, молибден, ванадий, ниобий, титан ва бошқалар) қўшиш орқали янги турдаги зангламас пўлатларни яратдилар. Бунда мустаҳкамлик, коррозияга чидамлик, ейилишга қаршилик ва бошқа хоссаларни яхшиланган. Огайо штати университети профессори Марк

¹ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son "2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida to'g'risida"gi Farmoni

Гастингс (Марк Ҳастингс) зангламас пўлатлар ёрдамида илғор технологияларни қўллаш орқали мураккаб шаклли деталларни яратди. У пайвандлаш технологияларида зангламас пўлатларни пайвандлашнинг янги технологияларини яратиб, бу жараёнларни оптималлаштирди. Зангламас пўлатларни қайта ишлашнинг самарали ва экологик тоза усулларини ишлаб чиқиб, формовка (шакл бериш) жараёнида зангламас пўлатларга шакл беришнинг янги усулларини ишлаб чиқди. Массачусетс технология институти олими профессор Сэмюэл Аллен материалларнинг микроструктураси ва механик хоссалари ўртасидаги боғлиқликни ўрганади, шу жумладан 15Cr 4Ni 0.08C зангламас пўлатлар учун оптимал иссиқлик билан ишлов бериш режимлари 900-1100 °C ҳароратида 30, 60 ва 120 дақиқа давомида намланиши хром карбидларининг эриши натижасида доннинг ўсиши кузатилган донларнинг катталашиши, карбид зичлигини ошириб, материалнинг катиклигини яхшилашга эришган. Зангламас пўлатларнинг янги турларини ишлаб чиқиш бўйича Япониялик олимлар ҳам фаол илмий ишлар олиб боришмоқда. Япониялик олимларнинг зангламас пўлатлар соҳасидаги асосий тадқиқот йўналишлари, Юқори хоссали зангламас пўлатларни яратиш, таркибий оптималлаштириш орқали янги легирловчи элементларни қўшиш ва мавжуд элементларнинг нисбатини ўзгартириш орқали пўлатнинг мустаҳкамлиги, коррозияга, ейилишга бардошлиги ва бошқа хоссаларини яхшилашга ўз хиссаларини қўшиб келмоқда шу жумладан Миллий материаллар институти профессори Хироши Накадзима Юзани модификациялаш, Юза қатламининг таркиби ва тузилишини ўзгартириш орқали коррозияга қаршилиқни ошириш. Пассив қатламни ўрганиш, Зангламас пўлат юзасида ҳосил бўладиган пассив қатламнинг хоссаларини тадқиқ қилиш ва унинг коррозияга қаршилигини яхшилаш усуллари устида изланишлар олиб борган. Хитой Халқ Республикасининг Харбин технология институти профессори Фэн Шицзя зангламас пўлатларни юзасини қоплаш ПВД, СВД, термик пуркаш, электрохимёвий қоплаш каби технологиялар орқали ейилишга чидамли қопламалар яратиш ва наноструктурали қопламалар ва нанокөмпозит материалларни қўллаш орқали ейилишга чидамлиликни оширишга эришган. Циньхуа университети профессори Го Цзяньтин. У зангламас пўлатларнинг турли муҳитлардаги коррозия механизмларини (питтинг, щелевидли, межкристаллит, стресс-коррозия) чуқур ўрганиб коррозияга қарши усулларни электрохимёвий химоя, ингибиторлар, қопламалар ва бошқа усуллар орқали коррозиядан химоя қилиш ва юқори ҳароратли коррозия жараёнларини тадқиқ қилиш ва унга қарши материаллар ишлаб чиқиб биокоррозия тиббиёт ва бошқа соҳаларда қўлланиладиган зангламас пўлатлар устида тадқиқотлар олиб борган. Германиялик олимлар Вольфганг Блейк, Франк Муклих, Маттиас Диттманн, Эрих Бауэр, Гюнтер Готтштейн, Кристиан Лоркелар томонидан зангламас пўлатларни ейилишбардошлигини ошириш кимёвий таркибини оптималлаштириш бўйича қуйидаги илмий – тадқиқотлар ишлари олиб борилган. Асосий эътибор зангламас пўлатларнинг юзасини қаттиқлаштириш, хусусан, азотлаш, борлаш, плазмали ишлов бериш каби усулларни қўллаб,

ейилишга қаршиликни оширишга қаратилган шунингдек ейилиш жараёнларини моделлаштириш, янги материаллар ва юзага ишлов бериш усулларини ишлаб чиқиш билан шуғуллаганлар ва термик ишлов бериш жараёнларини оптималлаштириш орқали материалларнинг механик хоссаларини яхшилашга эришганлар, шу жумладан янги легирловчи элементларни қўшиш ва деформация жараёнларини тадқиқ қилиш орқали пўлатларнинг хоссаларини яхшилашга ҳисса қўшганлар.

МДХ олимлари, жумладан Москва пўлат ва қотишмалар институти (МИСиС) профессор Юрий Колесников зангламас пўлатларларнинг микроструктура ва фазавий ўзгаришларини тадқиқ қилиб, зангламас пўлатларнинг таркибини оптималлаштириш, микроструктурани бошқариш, термик ишлов бериш усулларини такомиллаштиришга эришган.

Россия Фанлар Академиясининг Металлургия ва материалшунослик институти (ИМЕТ РАН) Профессори Олег Борисов металлларнинг коррозияси ва электрохимияси, зангламас пўлатларнинг коррозияга чидамлилиги, коррозия механизмлари ва химоя усуллари ва пассив қатламнинг хусусиятлари ва коррозия жараёнларини моделлаштиришга эришган. Урал федерал университети профессори Владимир Лебедев зангламас пўлатларнинг ейилиш механизмларини ўрганиш, юзани қаттиқлаштириш, қопламалар қўллаш ва легирлаш орқали ейилишга қаршиликни оширишга ва азотлаш, карбонитридлиш, PVD ва SVD каби қоплаш усулларини такомиллаштириш ва янги қоплама материалларини ишлаб чиқишга эришган.

Ўзбекистон олимлари А.А.Мухаммедов, Н.Д.Тураходжаев, Ф.Р.Норхуджаев, Д.М.Бердиев, Б.Қ.Тилабовлар турли марказдаги пўлатларнинг хоссаларини ошириш технологиялари устида илмий-тадқиқотларини олиб боришган. Жумладан зангламас пўлатлардан олинадиган қуйма маҳсулотларнинг механик хоссаларини 3-5% га ошириш имконига эга бўлишган.

Зангламас пўлат қуйма маҳсулотлар олишда юза қаттиқлиги ва ейилишбардошлигини ошириш соҳасида кўплаб илмий натижаларга эришилишига қарамай, ҳали ечимини топмаган муаммолар кўп. Жумладан, зангламас пўлат ейилишбардошлигига катта таъсир қилиши мумкин бўлган термик ишлов беришнинг оптимал режимлари ишлаб чиқилмаган. Юқорида келтирилган муаммолар ечимини топиш учун зангламас пўлатни суюқлантириш, печ ичида ва ундан ташқари уларга ишлов бериш технологиясини такомиллаштириш бўйича тадқиқотлар ўтказиш зарур.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Мазкур тадқиқот иши Навоий давлат кончилиги ва технологиялар университети илмий-тадқиқот ишлари режасининг №9/2022 рақамли «Зангламас пўлатлардан ишлаб чиқилган деталларни таъмирлашда энергия тежамкорлигини таъминлайдиган технология ишлаб чиқиш» (2022-2023 йй.) мавзусидаги хўжалик шартномаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади зангламас пўлатлардан куйма усулида олинадиган машинасозлик деталларининг ейилишбардошлигини ошириш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

зангламас пўлатларнинг хоссаларини ва қўлланилиш соҳаларининг таҳлил қилиш;

ейилишбардош юза ҳосил қилиш учун олиб борилаётган илмий тадқиқотларни таҳлил қилиш;

куйма деталларнинг таъмирлаш жараёнида уларнинг ейилишга бардошлигини ошириш учун ишлатиладиган материалларнинг оптимал таркибини ишлаб чиқиш;

зангламас пўлат деталларига печдан ташқари термик ишлов бериш меъёрларини ишлаб чиқилган;

зангламас пўлатлардан олинадиган деталларнинг нуқсонларини бартараф этиш ва деталларни тиклаш технологиясини ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг объекти сифатида «Насос таъмирлаш» МЧЖ да қўлланиладиган зангламас пўлатдан ишлаб чиқилган насос лопаствлари олинган.

Тадқиқотнинг предмети зангламас пўлатдан тайёрланган деталларни тиклашда қўлланиладиган механик ва термик ишлов бериш технологияси ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида зангламас пўлатлардан олинган машинасозлик деталларининг механик хоссаларини тадқиқ этишнинг замонавий назарий ва экспериментал усуллари, ИК-спектроскопия намуналарнинг структурасини ўрганиш, электрон микроскоп ёрдамида фойдаланиш ёрдамида деталлардаги структуравий ўзгаришларни аниқлаш ҳамда куйма усулда олинган зангламас пўлат намуналарининг ейилишбардошлик даражасини аниқлаш усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

куйма деталларнинг таъмирлаш жараёнида уларнинг ейилишга бардошлигини ошириш учун ишлатиладиган материалларнинг оптимал таркиби таъмирланаётган зонадаги материалнинг кимёвий таркиби билан ишлатилаётган материал орасида юқори ҳароратларда кечаётган кимёвий реакциялар натижасида ҳосил бўладиган бирикмаларнинг ейилишбардошлиги асосида ишлаб чиқилган;

зангламас пўлат деталларига печдан ташқари термик ишлов бериш меъёрлари, ишлов берилаётган деталларни термик печларга юклаш жараёнида технологик узлуксизликни таъминлаш, структура шаклланишини барқарор бошқариш ва иссиқлик циклининг самарадорлигини ошириш асосида ишлаб чиқилган.

зангламас пўлатлардан олинадиган деталларни тикланаётган қисм ва ишлов бериш материали ўртасида ҳосил бўладиган кимёвий бирикмаларнинг физик-кимёвий хоссалари, уларнинг барқарорлиги ва ўзаро таъсир механизмлари асосида ишлаб чиқилган.

зангламас пўлатларни индукцион печларда суюқлантиришнинг энергетикалик режими печ ичида қолдириладиган суюқ металнинг ҳароратини барқарор сақлаб туриш режимида қўйиладиган технологик талабларни меъёрлаш асосида, иссиқлик йўқотишини минималлаштирувчи ва электр қуввати сарфини оптималлаштирувчи параметрлари асосида ишлаб чиқилган;

зангламас пўлатларни индукцион печда ушлаб туриш режими суюқ қотишманинг ҳарорати, печдаги ҳажми ва иссиқлик йўқотиш коэффициентининг печ футеровкаси материалга боғлиқлиги асосида, улар ўртасидаги ўзаро термодинамик ва теплофизик муносабатларни ҳисобга олган ҳолда ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

зангламас пўлатлардан олинган деталларни таъмирлашда ресурс тежамкорлигини таъминлайдиган технология ишлаб чиқилган;

зангламас пўлатлардан олинган деталларнинг хизмат муддатини оширишни таъминлайдиган технология ишлаб чиқилган.

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

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти зангламас пўлатлардан тайёрланган деталларни тиклашда асос материал билан тиклаш учун қўлланиладиган материал орасидаги мутаносибликнинг кимёвий таркиб ва ишлов бериш ҳароратига боғлиқлик даражасининг ишлаб чиқилиши билан изоҳланади;

тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти зангламас пўлатдан ишлаб чиқилган деталларнинг хизмат муддатини 7-8% га оширилишини таъминлайдиган технологиясининг ишлаб чиқилгани билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Қуйма усулда зангламас пўлатлардан олинадиган деталларнинг ейилишбардошлигини ошириш ва уларга термик ишлов бериш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

қуйма деталларнинг таъмирлаш жараёнида уларнинг ейилишга бардошлигини ошириш учун ишлатиладиган материалларнинг таркиби “Насос таъмирлаш” МЧЖ га жорий қилинган («ЎзР сув хўжалиги Вазирлигининг Аму-Бухоро Машина каналдан фойдаланиш бошқармаси»нинг 2023 йил 18 апрелдаги №03-721-сон маълумотномаси). Натижада деталларнинг ейилишбардошлиги 8-10% га ошган;

зангламас пўлат деталларига печдан ташқари термик ишлов бериш меъёрлари “Насос таъмирлаш” МЧЖ га жорий қилинган («ЎзР сув хўжалиги Вазирлигининг Аму-Бухоро Машина каналдан фойдаланиш бошқармаси»нинг 2023 йил 18 апрелдаги №03-721-сон маълумотномаси). Натижада ишлов беришдаги энергиятежамкорлик 11-13% га ошган;

зангламас пўлатлардан олинадиган деталларни тиклашнинг янги технологияси “Насос таъмирлаш” МЧЖ га жорий қилинган («ЎзР сув хўжалиги Вазирлигининг Аму-Бухоро Машина каналидан фойдаланиш бошқармаси»нинг 2023 йил 18 апрелдаги №03-721-сон маълумотномаси). Натижада деталларнинг хизмат муддати 7-8% га ошган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертациянинг тадқиқот натижалари 12 та, жумладан 4 та халқаро ва 8 та республика илмий-амалий анжуманларида ва симпозиумларида муҳокамадан ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 12 та илмий иш чоп этилган. Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларида 5 та мақола, шу жумладан 3 та хорижий журналларда нашр этилган.

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

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

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

Диссертациянинг «**Зангламас пўлатлардан олинган машинасозлик деталларининг ейилишбардошлигини ошириш бўйича дунё олимлари томонидан олиб борилаётган тадқиқотлар таҳлили**» деб номланган биринчи бобида жаҳонда замонавий ишлаб чиқариш шароитида зангламас пўлатлардан ейилишбардош машинасозлик деталларини ишлаб чиқариш, машинасозлик деталларини қуйма усулда ишлаб чиқаришда ресурс тежамкорлигини таъминлаш, олинаётган зангламас пўлатларнинг ейилишбардош структурасини ҳосил қилишда самарали технологияларни қўллаш масалалари таҳлил қилинган.

Чет эл ҳамда республикамиз олимларининг зангламас пўлатлардан олинадиган деталларнинг қаттиқлиги, мустаҳкамлиги ва ейилишбардошлигини ошириш бўйича олиб борган илмий тадқиқотлар ишлари таҳлил қилинган ва ўрганилган.

Ушбу диссертацияда келтирилган технологиялар, насос деталларини қўшимча элемент билан модификациялаш, деталларнинг юза қаттиқлигини термик ишлов бериш асосида ошириш технологияси керакли даражада ўрганилмаганлиги аниқланди.

1-боб бўйича хулосалар.

Зангламас пўлатлардан қўйма маҳсулотлар олишда юза қаттиқлиги ва ейилишбардошлигини ошириш соҳасида кўплаб илмий натижаларга эришилишига қарамай, ҳали ечимини топмаган муаммолар кўп. Жумладан, зангламас пўлатлардан ейилишбардошлигига катта таъсир қилиши мумкин бўлган модификатор ва термик ишлов бериш режимлари билан таъминлайдиган технологияси ишлаб чиқилмаган. Юқорида келтирилган муаммолар ечимини топиш учун зангламас пўлатлардан олинган деталларга самарали термик ишлов бериш технологияни ишлаб чиқиш учун тадқиқотлар ўтказиш зарур.

Диссертациянинг «Тадқиқот объектини танлаш ва зангламас пўлатларнинг структурасини тадқиқ қилиш методикасини ишлаб чиқиш» деб номланган иккинчи бобида тадқиқот объектини танлаш, қўлланиладиган маҳсулотларнинг асосий физикавий ва кимёвий хоссаларини ёритиб бериш ҳамда физик-механик, кимёвий ва физикавий хоссаларинини ўрганишда замонавий усул ва дастгоҳлардан (ИК-спектроскопия, электрон микроскоп, гранулометрик таҳлил) фойдаланилганлик ҳақида маълумотлар келтирилган.

Тадқиқот объекти сифатида «Насос таъмирлаш» МЧЖ ишлаб чиқариш корхонасида ишлаб чиқарилаётган зангламас пўлатдан тайёрланган ишчи ғилдирак танланган. Инновацион ривожланиш вазирлиги хузуридаги Илғор технологиялар маркази лаборатория шароитида фазаларни идентификацияси ҳамда бир ёки бир нечта аниқ тасвирлар ҳосил қилиш ва сирт хоссалари аниқлашни сканерловчи электрон микроскоп (СЭМ-Зеисс ЕВО МА 10 (Сарл Зеисс)) ва (Емпйреан Малверн Паналйтисал) интеллектуал дифрактометри асосида ўтказилган.

Қотишмаларнинг механик хоссаларини аниқлашда “Р-50 М” рақамли автотехника машинаси ёрдамида амалга оширилган.

Олинган намунанинг қаттиқлиги металл ва қотишмаларнинг қаттиқлигини ўлчаш учун мўлжалланган (Дура Висион-20) рақамли қурилма орқали аниқланган.

Тадқиқот натижасида олинган намуналарни ейилишбардошликга чидамлилигини синаб кўриш учун “Металлар технологиялари” кафедрасининг илмий лабораториясида мавжуд ейилишбардошлик қурулмасида аниқланди. Бунда олинган намуналарни махсус тарозида соф оғирлиги ўлчаниб махсус қисқич ёрдамида қистириб ҳар бир микрошлифни 5-10-15 дақиқа вақт оралиғида 3 марта айланма ҳаракатланадиган олмос тошига ушлаб турилди. Ҳар бир жараёндан сўнг масса йўқотилиши қайд қилиб борилди.



Расм 3.3. Намуналарнинг ейилишбардошлигини аниқлаш учун қўлланилган жихоз.

Тадқиқот объектдан кесиб олинган намуналарни ейилишбардошлик лаборатория қурулмасига ўрнатиб махсус қисқич ёрдамида олмос тошга ён юзани 3 мартаба 5-10-15 дақиқа ушлаб турилди. Тадқиқот натижалари жадвалда келтирилган.

Соф оғирлиги, гр.		Масса йўқотилиши, mgr.
1	84	15
2	84	11
3	84	9

Шундай ҳолда ҳар бир тадқиқот натижалари учун намуналар олиниб, ейилишбардошлик қурулмасида текширилиб чиқди.

Соф оғирлиги, гр.		Масса йўқотилиши, mgr.
1	82	30
2	82	26
3	82	20

2-боб бўйича ишлаб чиқилган хулосалар.

1. Ишчи юзанинг қаттиқлиги махсус ейилишбардошликни аниқлайдиган ускуна ёрдамида ўтказилиши танлаб олинди.

2. Олинган намунанинг қаттиқлиги металл ва қотишмаларнинг қаттиқлигини ўлчаш учун мўлжалланган (Дура Висион-20) рақамли қурилма орқали аниқлаш танлаб олинди.

3. Зангламас пўлатдан ишлаб чиқиладиган деталларнинг қаттиқлиги “Р-50 М” русумли қурилма ёрдамида аниқланиш усули танлаб олинди.

Диссертациянинг «Зангламас пўлатларнинг ейилишбардошлигини ошириш ва уларга термик ишлов бериш режимини такомиллаштириш бўйича олиб борилган илмий-тадқиқот ишлари» деб номланган учинчи боби зангламас пўлатдан тайёрланган насос деталларининг юза қаттиқлиги ва ейилишбардошлигини ошириш технологиясини ишлаб чиқиш, электр-шлак усулида зангламас пўлатлардан тайёрланадиган насос деталининг емирилган қисмини тиклаш учун қўлланиладиган материал кимёвий таркиби ва деталга термик ишлов бериш режимларини ишлаб чиқиш бўйича олиб борилган тадқиқотларга бағишланган.

Ишлаб чиқариш корхоналарида ейилиш сабабли ишдан чиққан зангламас пўлатлардан тайёрланган насос лопастрларини пайвандлаш усулида тиклаб келинади. Ушбу технология асосида темир йўл ғилдирак ва ейилишбардошлиги юқори талаб этиладиган бошқа деталларини тиклаш учун кенг қўлланиб келинган. Ушбу технология асосида насос лопастрларини ҳам таъмирлаш йўлга қўйилган бўлиб, ишлаб чиқариш корхонасида кенг қўлланилиб келинмоқда. Бунда қуйидаги технология қўлланилади:

зангламас пўлатдан тайёрланган насоснинг лопастидаги ейилган қисми остки электрод сифатида печнинг остки қисмига ўрнатилади ва катод вазифасини бажаради. Лопстнинг ейилган юзаси юқорига қаратилган ҳолда бўлиши таъминланади. Устки электрод сифатида шу маркадаги зангламас пўлатдан тайёрланган тўртбурчак кўндаланг кесимга эга бўлган электрод қўлланилади. иккала электрод орасида махсус флюс солинади ва шу флюсдан ўтган ток ҳисобига юқори ҳарорат ҳосил қилинади. Юқори электроднинг суюқланган қисмлари флюс, яъни шлак орқали ўтиб деталнинг ейилган қисмини тўлдиради ва совутилган деталга механик ишлов бериш асосида керакли шакл ҳосил қилинади. Ушбу усул жуда қулай ва самарадор бўлишига

карамай бир нечта камчиликларга эга, жумладан суюқланган юқори электрод, яъни анод шлакдан ўтиб остки лопастининг ейилшган қисмини тўлдириш даврида асосий детал материали билан тўлдирувчи материалнинг кимёвий таркибида фарқ юзага келади. Бунинг асосий сабаби устки электроднинг суюқланиш даврида баъзи элементларнинг қисман куйишидир. Айниқса хром, марганец, никел каби элементларнинг кичик миқдорда ҳам куйиши натижасида икки материал орасида номутаносиблик юзага келади ва кимёвий бирикмада нуқсонлар вужудга келади. Яна бир камчилик шундан иборатки, остки детал устки қотишма тўлдирувчи сифатида етиб келгунига қадар қаттиқ оксид пардасини ҳосил қилади ва икки қават орасида парда ҳосил бўлади. Ушбу камчиликни бартараф этиш учун “насос таъмирлаш” корхонасида ва Тошкент давлат техника университетининг “Металлар технологиялари” кафедрасининг илмий лабораториясида қатор тадқиқот ишлари олиб борилди. Ушбу тадқиқотлар суюқлантириш технологиясини такомиллаштириш асосида зангламас пўлатлардан тайёрланган лопастиларнинг ейилган қисмини тиклаш самарадорлигини оширишга қаратилган.

Ушбу тадқиқотлар шлак ҳосил қилиш ҳароратини оптималлаштиришга қаратилган бўлиб, тадқиқотлари куйидагини ўз ичига олган: остки ва устки катод ва анод вазифаларини бажарувчи зангламас пўлат қисмларининг орасида электр ёй ҳосил қилинади. Бунда шлак вазифасини бажарувчи флюс электр-ёй ҳосил бўлиб, унинг ҳарорати 1800-2200 0С га етганидан кейин юкланадиганга етганидан кейин юкланади.

Ушбу марқадаги зангламас пўлатларга ананавий равишда куйидаги термик ишлов берилади: 960-1020 0С да сув муҳитида тоблаш ва 680-780 0С ҳароратда ҳаво муҳитида бўшатиш. Шу билан бирга юза қисми тикланган деталларда ҳосил бўладиган ички зўриқиш кучларини йўқотиш учун бу усул етарли эмас, сабаби асосий детал билан юзага қопланган қисми орасида ҳосил бўладиган оксидларнинг механик хоссаларга салбий таъсирини бартараф этиш учун янги термик ишлов бериш режимлари керак. Тадқиқот ишининг кейинги босқичида зангламас пўлатдан тайёрланган лопст деталининг емирилган юзасини электр-шлак усулида тўлдириш эвазига ҳосил бўлган деталга оптимал режим ишлаб чиқиш учун Тошкент давлат техника университетининг “Металлар технологиялари” кафедрасининг илмий лабораториясида сув ёрдамида тоблашнинг 1000-1050 0С, 1050-1100 0С ва 1100-1150 0С режимлари тадқиқ қилинди. Олинадиган намуналарнинг вазни тенг қабул қилинди ва уларнинг ўртача вазни 75 граммни ташкил этди. Бунда зангламас пўлатдан тайёрланган лопастининг емирилган қисмидаги қоплама материал билан асосий қисм ўртасидаги бирикма ҳосил бўлиши мақсад қилинган. Сабаби 960-1020 0С ҳароратда термик ишлов бериш асосий материал учун кифоя, лекин деталнинг қопламали қисми учун етарли ҳарорат эмаслиги эканини ишлаб чиқаришдаги тажриба кўрсатди. Яъни емирилган қисмни ямагандан кейин катта юкланишлар остида 3-5 ой давомида кўчиш содир бўлди. Шундай қилиб куйидаги термик ишлов бериш амалга оширилди:

1-босқич учун

1-тадқиқот учун ҳарорат 750 0С гача соатига 100 0С тезликда қиздирилди. Ҳарорат 750 0С га етганида 2 соат ушлаб турилди. Кейин яна соатига 100 0С тезликда 1000 0С гача қиздирилди ва 4 соат давомида ушлаб турилди. Шундан сўнг маҳсулот сувга солинди ва 10-12 сония давомида сувда сақланди. Кейин эса ички зўриқиш кучларини йўқотиш мақсадида детал печ ичида 650 0С ҳароратга қиздирилиб, ҳавода совутилди. Олинган натижаларни таққослаш учун ҳар бир тадқиқот намунасидадан ейилишбардошликни аниқлаш учун намуналар олинди.

2-тадқиқот учун 800 0С гача соатига 100 0С тезликда қиздирилди. Ҳарорат 800 0С га етганида 2 соат ушлаб турилди. Кейин яна соатига 100 0С тезликда 1000 0С гача қиздирилди ва 4 соат давомида ушлаб турилди. Шундан сўнг маҳсулот сувга солинди ва 10-12 сония давомида сувда сақланди. Кейин эса ички зўриқиш кучларини йўқотиш мақсадида детал печ ичида 650 0С ҳароратга қиздирилиб, ҳавода совутилди. Олинган натижаларни таққослаш учун ҳар бир тадқиқот намунасидадан ейилишбардошликни аниқлаш учун намуналар олинди.

3-тадқиқот учун ҳарорат 850 0С гача соатига 100 0С тезликда қиздирилди. Ҳарорат 850 0С га етганида 2 соат ушлаб турилди. Кейин яна соатига 100 0С тезликда 1000 0С гача қиздирилди ва 4 соат давомида ушлаб турилди. Шундан сўнг маҳсулот сувга солинди ва 10-12 сония давомида сувда сақланди. Кейин эса ички зўриқиш кучларини йўқотиш мақсадида детал печ ичида 650 0С ҳароратга қиздирилиб, ҳавода совутилди. Олинган натижаларни таққослаш учун ҳар бир тадқиқот намунасидадан ейилишбардошликни аниқлаш учун намуналар олинди.

3 боб бўйича хулосалар.

1. Зангламас пўлатдан тайёрланган насоснинг ишчи ғилдиракларининг ейилган қисмини тиклаш учун қўлланиладиган материал таркибида асосий деталнинг таркибига нисбатан хром 1-2% га ва никель 0,5-0,6% га кўпроқ юўлиши тавсия этилади.
2. Зангламас пўлатдан тайёрланган насоснинг ишчи ғилдирагининг емирилган қисмини тиклаш учун электр-шлак печидан фойдаланишда суёқ қотишмани 2100 С ғоратгача қиздириш тавсия этилади.
3. Зангламас пўлатлардан тайёрланган ишчи ғилдиракга термик ишлов беришда соатига 100 С тезликда қиздириш, 850 С га етганида 2 соат ушлаб туриш ва яна соатига 100 С тезликда 1100 С гача қиздириш ва 4 соат шу ҳароратда ушлаб туриш тавсия этилади. Совутишда эса сув муҳитида тобланади.
4. Зангламас пўлатдан тайёрланган насоснинг ишчи ғилдирагида ҳосил бўлган зўриқиш кучларини бартараф этиш учун ҳавода бўшатиш тавсия этилади.

Диссертациянинг «**Ишлаб чиқилган технологияни ишлаб чиқариш шароитига жорий қилиш ва унинг математик моделини тузиш**» деб номланган тўртинчи бобида зангламас пўлатдан олинадиган машинасозлик деталлари ишчи юзаларининг ейилишбардошлигини ошириш технологиясини ишлаб чиқаришга тадбиқ этилганлиги ва апробациядан ўтганлиги ҳақида

маъхлумотлар келтирилган.

“Насос таъмирлаш” ишлаб чиқариш корхонасига ишлаб чиқилган технологияни жорий қилиш учун корхонада қўлланилаётган технологияга ўзгартириш киритиш керак бўлди, жумладан зангламас пўлатдан тайёрланган насоснинг ишчи ғилдирагидаги ҳосил бўлган ейилган қисмининг устига шлак тўкиш усулидан воз кечилди. Бунинг ўрнига насоснинг ишчи ғилдираги деталини (вазни 100 кг) ейилиш характердаги нуқсони билан печнинг остки қисмига ўрнатилди. Электр-ёй ҳосил қилиш учун ва электр манбасига 1000 КВт лик трансформатор орқали катод сифатида уланди. Устки электрод (вазни 25 кг) шу манбага анод сифатида уланди ва ҳарорат 2100 С га етгунга қадар ушлаб турилди. Ҳарорат 2100 С га етганида 8-10 сония ушлаб турилди ва тўлдирувчи флюс 6,5 кг миқдорда юкланди. Натижада насос ишчи ғилдирагидаги емирилган қисмини таъмирлашда самарадорликга эришилди. Бу самарадорлик биринчи навбатда зангламас пўлатдан тайёрланган насос ишчи ғилдирагининг хизмат муддатини 45-55% га ошириш имконини берди. Бу эса ўз навбатида иқтисодий самарадорликни хар бир ишчи ғилдираги учун 3 миллион сўмга оширди. Бир йил мобайнида тикланган ишчи ғилдиракларнинг сони 262 тани ташкил этишини ҳисобга олсак, ишлаб чиқилган технологиянинг қўлланилиши эвазига олинган йиллик иқтисодий самарадорлик $3\,000\,000 \times 262 = 786\,000\,000$ сўмни ташкил этади.

ХУЛОСА

Ишлаб чиқариш шароитида электр-шлак усулида зангламас пўлатдан тайёрланган насоснинг ишчи ғилдирагини таъмирлаш учун қўлланиладиган технологиянинг математик модели ишлаб чиқилди. Математик моделни тузишда Лагранжнинг интерполяцион кўпҳадини тузиб чиқилди. Яъни масала алгебраик тенгламалар системасига келтирилиб, номаълум коэффициентларни аниқлаш билан самарадорлик функциясини кўпҳад шаклида ифодалаш билан кечади.

$$\begin{bmatrix} 1 & x_0 & x_0^2 & \dots & x_0^n \\ 1 & x_1 & x_1^2 & \dots & x_1^n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_n & x_n^2 & \dots & x_n^n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_0 \\ y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

тенгламада $n=3$ бўлиб, вектор тенглама

$$\begin{bmatrix} 1 & T_1 & T_1^2 \\ 1 & T_2 & T_2^2 \\ 1 & T_3 & T_3^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{bmatrix} \quad (2)$$

ДИССЕРТАЦИЯ ИШИ БЎЙИЧА УМУМИЙ ХУЛОСАЛАР

«Қуйма усулда зангламас пўлатлардан олинадиган деталларнинг ейилишбардошлигини ошириш ва уларга термик ишлов бериш технологиясини ишлаб чиқиш» мавзусидаги фалсафа доктори (ПхД) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Зангламас пўлатдан тайёрланган насос ишчи ғилдирагининг ейилган қисмини тиклашда қўлланиладиган материалнинг таркиби ишлаб чиқилди. Бу ейилган қисмларни тиклашнинг самарали технологияларини ишалаб чиқиш имконини беради.

2. Зангламас пўлатдан тайёрланган насос ишчи ғилдирагининг ейилган қисмини тиклашда электр-шлак усулини қўллашнинг янги технологияси ишлаб чиқилди. Бу ейилган қисмларни тиклашда қўлланиладиган флюсларни иқтисод қилиш имконини беради.

3. Зангламас пўлатдан тайёрланган насос ишчи ғилдирагининг ейилган қисмини тиклашда қўлланиладиган термик ишлов беришнинг янги режимлари ишлаб чиқилди. Бу тикланган ишчи юзанинг мустаҳкамлигини ошириш учун хизмат қилади.

4. Зангламас пўлатдан тайёрланган насос ишчи ғилдирагининг ейилган қисмини тиклашда қўлланиладиган флюснинг таркиби ишлаб чиқилди. Бу ейилган қисмларни тиклашда қўлланиладиган кимёвий элементларни қотишма таркибига киритишнинг самарасини ошириш имконини беради.

5. Зангламас пўлатдан тайёрланган насос ишчи ғилдирагининг ейилган қисмини тиклашда қўлланиладиган технологиянинг математик модели тузилди. Бу ейилган қисмларни тиклашнинг технологияларини ишлаб чиқишда ўтказиладиган тадқиқотлар сонини 10 мартагача камайтириш имконини беради.

6. Зангламас пўлатдан тайёрланган насос ишчи ғилдирагининг ейилган қисмини тиклашда қўлланиладиган технологиянинг “Насос таъмирлдаш” корхонасига жорий қилиш асосида йилига 750 миллион сўм иқтисодий самара олиш имконини беради.

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

**НОВАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

БАРАКАЕВ ФАХРИДДИН НАЖМИДДИНОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ
ДЕТАЛЕЙ ПОЛУЧАЕМЫХ ИЗ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ МЕТОДОМ
ЛИТЬЯ И ИХ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам

ТАШКЕНТ – 2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером В2024.2.PhD/T4656

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

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

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

Официальные
оппоненты: **Халикулов Уткир Мирзакамалович**
доктор технических наук, доцент

Худояров Сулейман Рашидович
доктор технических наук, доцент

Ведущая организация: **Андижанский государственный технический институт**

Защита диссертации состоится « 29 » « Декабрь 2025 г. в 13 часов на заседании Научного совета ДСс. 03/30.12.2019.Т.03.04 при Ташкентском государственном техническом университете и Национальном университете Узбекистана. (Адрес: 100095, г. Ташкент, Алмазарский район, ул. Университетская, 2. Тел./факс:(99871) 207-14-64, e-mail: (tadqiqotchi@tdtu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрирована за № 71) (Адрес: 100095, г. Ташкент, Алмазарский район, ул. Университетская, 2. Тел./факс: (99871) 207-14-64).

Автореферат диссертации разослан « 16 » Декабрь 2025 года.
(реестр протокол рассылки № 206 от « 16 » Декабрь 2025 года).

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

Ш.Б.Ташбулатов
Учёный секретарь научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, доцент

Н.С.Дуняшин
Председатель Научного семинара при научном
совете по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, профессор

ВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особую важность приобретает разработка технологий термической обработки литых деталей из нержавеющей сталей, направленных на повышение их срока службы, прочности и износостойкости. В настоящее время в развитых странах, таких как США, Германия, Италия, Россия, Китай и Япония, в научно-исследовательских центрах особое внимание уделяется производству машиностроительных деталей из нержавеющей сталей методом литья. При этом основное внимание направлено на повышение износостойкости за счёт увеличения поверхностной твёрдости, обеспечение ресурсосбережения при плавке нержавеющей сталей, а также энергосбережения при термической обработке литых деталей. Наряду с этим приоритетное значение придаётся обеспечению экологической безопасности, формированию структуры с требуемой зернистостью и улучшению эксплуатационных свойств литых изделий, получаемых из нержавеющей сталей.

В мире проводится ряд научно-исследовательских работ, направленных на формирование стабильной структуры, обеспечивающей износостойкость, а также на совершенствование технологий термической обработки в процессе получения машиностроительных деталей из нержавеющей сталей методом литья. В частности, ведутся исследования по снижению расхода модификаторов, применяемых для обеспечения износостойкости при плавке нержавеющей сталей в индукционных печах, внедрению технологии плавления в жидкой ванне с целью обеспечения ресурсосбережения в процессе плавки, разработке новых видов модификаторов для повышения износостойкости литых изделий из нержавеющей сталей, а также совершенствованию режимов термической обработки литых изделий с целью повышения их прочности. В данном направлении актуальными задачами являются разработка нового состава модификаторов, применяемых для повышения износостойкости литых изделий из нержавеющей сталей, обеспечение формирования стабильной структуры путём термической обработки литых изделий, а также совершенствование технологий, обеспечивающих ресурсную и энергетическую эффективность.

В нашей Республике в сфере машиностроения ведутся широкомасштабные научные исследования, направленные на совершенствование технологии плавки нержавеющей сталей в индукционных печах при производстве литых изделий, обеспечение равномерного распределения модификаторов в процессе выплавки нержавеющей сталей, повышение износостойкости получаемых отливок, разработку нового состава модификаторов, применяемых для повышения износостойкости литых изделий, а также на увеличение срока службы рабочих частей отливок. При реализации указанных задач особую значимость приобретают научные исследования, направленные на совершенствование технологий литья под давлением при производстве литых изделий из нержавеющей сталей, в частности рабочих частей водяных насосных установок, а также на

оптимизацию режимов их термической обработки. В Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы, в частности, определены такие важные задачи, как дальнейшее проведение промышленной политики, направленной на обеспечение устойчивости национальной экономики и увеличение доли промышленности в валовом внутреннем продукте на основе ускоренного развития национальной экономики и обеспечения высоких темпов роста, а также увеличение объёма промышленного производства в 1,4 раза. В связи с этим проведение научных исследований по совершенствованию технологий литья при производстве рабочих частей насосных установок и оптимизации режимов их термической обработки приобретает особую актуальность и практическую значимость.

Настоящая диссертационная работа в определённой степени направлена на реализацию задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы», Постановлением Президента Республики Узбекистан от 24 января 2022 года № ПП-99 «О мерах по созданию эффективной системы развития производства и расширения промышленной кооперации в Республике», Постановлением Президента Республики Узбекистан от 6 июля 2022 года № ПП-307 «Об организационных мерах по реализации Стратегии инновационного развития Республики Узбекистан на 2022–2026 годы», а также иных нормативно-правовых актов, относящихся к данной сфере деятельности.

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

Степень изученности проблемы.

Учеными всего мира было проведено множество исследований с целью создания эффективной технологии изготовления деталей машин из нержавеющей стали. Были проведены исследования ведущими учеными со всего мира, в том числе из Американского института стали АИСИ. В результате проведенных исследований, разработки нержавеющей сталей и оптимизации состава был создан новый тип нержавеющей сталей путем добавления различных армирующих элементов (хрома, никеля, молибдена, ванадия, ниобия, титана и др.). Он обладает повышенной прочностью, коррозионной стойкостью, износостойкостью и другими свойствами. Профессор Университета штата Огайо Марк Хастингс (Марк Хастингс) создавал детали сложной формы, применяя передовые технологии с использованием нержавеющей сталей. Он оптимизировал эти процессы, создав новые технологии сварки нержавеющей сталей в welдинг технологийес. Рецептура, разработка эффективных и экологически чистых методов обработки нержавеющей сталей (начиная с формы). Японские ученые по разработке новых видов нержавеющей сталей также активно ведут научную работу. Основные направления исследований японских ученых в области нержавеющей сталей заключаются в добавлении собственных достижений для

повышения прочности, коррозионной стойкости, износостойкости и других свойств стали путем создания высококачественных нержавеющей сталей, добавления новых армирующих элементов путем оптимизации конструкции и изменения соотношения существующих элементов. Национальный институт материалов для повышения коррозионной стойкости занимается изучением пассивного слоя, исследованием свойств пассивного слоя, который образуется на поверхности нержавеющей стали, и исследованием методов повышения ее коррозионной стойкости. Профессор Фен Шишзя из Харбинского технологического института Китайской Народной Республики нанесение поверхностных покрытий из нержавеющей стали ПВД, СВД, термическим напылением, электрохимическим покрытием проводил исследования по нержавеющей сталям, используемым в промышленности. Следующая научно-исследовательская работа была проведена немецкими учеными Вольфгангом Блейком, Франком Мукликсом, Маттиасом Диттманом, Эрихом Бауэром, Гюнтером Готштейном, Кристианом Лорке по оптимизации химического состава для повышения выхода годных нержавеющей сталей. Основное внимание уделяется упрочнению поверхности нержавеющей сталей, в частности, с использованием таких методов, как азотирование, борирование, плазменная обработка, а также тем, кто занимается разработкой методов моделирования процессов старения, новых материалов и обработки поверхности, а также тем, кто улучшил механические свойства материалов за счет оптимизация процессов термической обработки, в том числе тех, которые внесли свой вклад в улучшение свойств сталей.

Ученые СНГ, в том числе профессор Юрий Колесников из Московского института стали и сплавов (МИСиС), изучили микроструктуру и фазовые изменения нержавеющей сталей, добившись оптимизации состава нержавеющей сталей, контроля микроструктуры, совершенствования методов термической обработки. Олег Борисов, профессор Института металлургии и материаловедения (ИМЕТ РАН) Российской академии наук, добился моделирования коррозии и электрохимии металлов, коррозионной стойкости нержавеющей сталей, механизмов коррозии и методов защиты, а также свойств пассивного слоя и коррозионных процессов. Профессору Владимиру Лебедеву из Уральского федерального университета удалось изучить механизмы абсорбции нержавеющей сталей, повысить стойкость к абсорбции за счет поверхностного упрочнения, нанесения покрытий и их легализации, а также усовершенствовать методы нанесения покрытий, такие как азотирование, нитроцементация, ПВД и СВД-полимеризация, и разработать новые материалы для покрытий.

Ученые Узбекистана А.А.Мухаммедов, Н.Д.Тураходжаев, Ф.Р.Норхуджаев, Д.М.Бердиев, Б.К.Тилабовы провели свои исследования по технологиям повышения свойств сталей различных марок. В частности, им удалось повысить механические свойства литых изделий из нержавеющей сталей на 3-5%.

Несмотря на то, что было достигнуто много научных результатов в области повышения твердости поверхности и износостойкости при получении

литейных изделий из нержавеющей стали, существует множество проблем, которые до сих пор не решены. В частности, не были разработаны оптимальные режимы термической обработки, что может сильно повлиять на износостойкость нержавеющей стали. Для того чтобы найти решения вышеуказанных проблем, необходимо провести исследования по совершенствованию технологии разбавления нержавеющей стали, обеспечив им качество изготовления внутри печи и за ее пределами.

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

Диссертационная работа выполнена в рамках хоздоговора Навоийского государственного горно-технологического университета по теме плана НИР № 9/2022 «Разработка технологии, обеспечивающей энергосбережение при ремонте деталей из нержавеющей стали» (2022-2023 гг.).

Цель исследования является разработка технологии повышения износостойкости деталей из нержавеющей стали и их термической обработки.

Задачи исследования:

анализ свойств и областей применения нержавеющей сталей;

анализ научных исследований, проведенных для формирования съедобной поверхности;

разработка оптимального состава материалов, используемых для повышения их износостойкости в процессе ремонта объемных деталей;

разработаны стандарты термической обработки деталей из нержавеющей стали без использования печи;

разработана технология устранения дефектов деталей и восстановления деталей из нержавеющей сталей.

Объект исследования. Объектом исследования диссертационной работы является рабочее колесо для насосов из нержавеющей стали.

Предмет исследования. Предметом исследования является технология повышения износостойкости деталей из нержавеющей стали.

Методы исследования. В основу диссертационной работы положены современные теоретические и экспериментальные методы исследований технологии роста карбидов при заливке нержавеющей сталей для получения машиностроительных деталей. Исходя из этого, в работе использованы современные физико-механические, химические и физико-химические методы исследований (ИК-спектроскопия, электронная микроскопия, гранулометрический анализ).

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан оптимальный состав применяемых материалов для повышения износостойкости при ремонте литых деталей, на основе износостойкости соединений, образующихся в результате протекающих при высоких температурах химических реакций между химическим составом материала в ремонтируемой зоне и применяемым материалом;

разработаны нормы внепечной термической обработки деталей из нержавеющей сталей, на основе обеспечения технологической непрерывности при загрузке обрабатываемых деталей в термические печи, стабильного

управления формированием структуры и повышения эффективности теплового цикла;

разработаны на основе физико-химических свойств химических соединений, образующихся между восстанавливаемой частью и материалом обработки деталей, получаемых из нержавеющей стали, их стабильности и механизмов взаимного воздействия;

разработан энергосберегающий режим плавления нержавеющей стали в индукционных печах на основе нормирования технологических требований к режиму стабильного поддержания температуры жидкого металла, оставляемого внутри печи, а также на основе параметров, минимизирующих тепловые потери и оптимизирующих расход электроэнергии;

разработан режим выдержки нержавеющей стали в индукционной печи на основе зависимости температуры жидкого сплава, объёма в печи и коэффициента теплопотерь от материала футеровки печи, с учётом взаимных термодинамических и теплофизических отношений между ними.

Практические результаты исследования:

при ремонте деталей из нержавеющей стали разработана технология, обеспечивающая экономию ресурсов;

разработана технология, обеспечивающая увеличение срока службы деталей, полученных из нержавеющей стали.

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

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования объясняется разработкой степени зависимости соотношения между базовым материалом и материалом, используемым для реставрации, при восстановлении деталей из нержавеющей стали от химического состава и температуры обработки;

практическая значимость результатов исследования объясняется тем, что при восстановлении деталей из нержавеющей стали соотношение между базовым материалом и материалом, используемым для реставрации, зависит от химического состава и температуры обработки. разработка технологии, позволяющей увеличить срок службы деталей из нержавеющей стали на 7-8%.

Внедрение результатов исследования.

На основании полученных результатов по разработке технологии достигнуто следующее:

в процессе ремонта объемных деталей в ООО "Ремонт насосов" вводится состав материалов, используемых для повышения их износостойкости (Справка № 03-721 от 18 апреля 2023 года "Отдела использования машинных каналов Аму-Бухара Министерства водного хозяйства Узбекистана"). В результате впитывающая способность деталей увеличилась на 8-10% ;

в ООО "Ремонт насосов" введены стандарты термической обработки деталей из нержавеющей стали без использования печи (Справка № 03-721 от 18 апреля 2023 года "Департамента использования машинных каналов АМУ-

Бухара Министерства водного хозяйства Узбекистана"). В результате энергоэффективность при переработке повысилась на 11-13%;

внедрить новую технологию восстановления деталей из нержавеющей стали в ООО "Ремонт насосов" (Справка № 03–721 от 18 апреля 2023 года "Отдела использования машинных каналов АМУ-Бухара Министерства водного хозяйства Узбекистана"). В результате срок службы деталей увеличился на 7-8%.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и получили одобрение на 5 конференциях, в том числе 4 международных и 1 республиканской научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликованы 14 научных работ. Из них 3 статьи в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов, в том числе 2 статьи в зарубежных журналах и 3 статьи в республиканских научных журналах.

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

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

В первой главе диссертации, озаглавленной "**Анализ исследований, проведенных учеными всего мира по повышению впитывающей способности деталей машиностроения, полученных из нержавеющей сталей**", проанализированы вопросы использования эффективных технологий создания впитывающей структуры из нержавеющей сталей в современных условиях производства в мире, обеспечения ресурсоэффективности в машиностроении. производство деталей машиностроения в

Были проанализированы и изучены работы ученых из-за рубежа и республики по повышению твердости, прочности и долговечности деталей, получаемых из нержавеющей сталей.

Было установлено, что технологии, представленные в данной диссертации, модификация деталей насоса дополнительным элементом, технология повышения поверхностной твердости деталей на основе термической обработки, не были изучены на требуемом уровне.

Выводы по 1-ой главе.

Несмотря на то, что было достигнуто много научных результатов в области повышения твердости поверхности и износостойкости при получении литых изделий из нержавеющей стали, существует множество проблем, которые до сих пор не решены. В частности, не разработана технология, предусматривающая применение для нержавеющей стали модификаторов и режимов термической обработки, которые могут существенно повлиять на их долговечность. Чтобы найти решение проблем, представленных выше, необходимо провести исследования по разработке эффективной технологии термической обработки деталей из нержавеющей стали.

Вторая глава диссертации, озаглавленная **"Выбор объекта исследования и разработка методологии исследования структуры коррозионностойких сталей"**, содержит информацию о выборе объекта исследования, освещая основные физические и химические свойства используемых продуктов, а также использование современных методов и технологий. методы (ИК-спектроскопия, электронный микроскоп, гранулометрический анализ) при изучении

В качестве объекта исследования выбрано рабочее колесо из нержавеющей стали, которое изготавливается на производственном предприятии ООО "Насосремонт". Центром передовых технологий при Министерстве инновационного развития было проведено исследование на основе фазовой идентификации в лабораторных условиях, а также с помощью электронного микроскопа (Сем-Зеисс EVO MA 10 (Сарл Зеисс) и интеллектуального дифрактометра (Емпйреан Малверн Паналйтис), сканирующего формирование одного или нескольких точных изображений и свойств поверхности. обнаружение.

Механические свойства сплавов Твердость полученного образца определяли с помощью цифрового прибора (Дура Висион-20), предназначенного для измерения твердости металлов и сплавов.

Образцы, полученные в результате исследования, были определены в существующей структуре зрения в научной лаборатории кафедры "Технологии металлов" для проверки их устойчивости к старению. В этом случае полученные образцы зажимали с помощью специального зажима, измеряя вес нетто на специальных весах, и каждый микроперемещали алмазным камнем, который поворачивали 3 раза с интервалом времени 5-10-15 минут. После каждого процесса регистрировали потерю массы.



Рисунок 3.3. Прибор для определения износостойкости образцов.

Для определения износостойкости применяли образцы, вырезанные из отоливок с установкой в специальную лабораторную установку. При этом применяли следующую технологию:

зангламас пўлатдан тайёрланган насоснинг лопастидаги ейилган қисми остки электрод сифатида печнинг остки қисмига ўрнатилади ва катод вазифасини бажаради. Лопстнинг ейилган юзаси юқорига қаратилган ҳолда бўлиши таъминланади. Устки электрод сифатида шу маркадаги зангламас пўлатдан тайёрланган тўртбурчак кўндаланг кесимга эга бўлган электрод қўлланилади. иккала электрод орасида махсус флюс солинади ва шу флюсдан ўтган ток ҳисобига юқори ҳарорат ҳосил қилинади. Юқори электроднинг суюқланган қисмлари флюс, яъни шлак орқали ўтиб деталнинг ейилган қисмини тўлдиради ва совутилган деталга механик ишлов бериш асосида керакли шакл ҳосил қилинади. Ушбу усул жуда қулай ва самарадор бўлишига қарамай бир нечта камчиликларга эга, жумладан суюқланган юқори электрод, яъни анод шлакдан ўтиб остки лопастнинг ейилшган қисмини тўлдириш даврида асосий детал материали билан тўлдирувчи материалнинг кимёвий таркибида фарқ юзага келади. Бунинг асосий сабаби устки электроднинг суюқланиш даврида баъзи элементларнинг қисман куйишидир. Айниқса хром, марганец, никел каби элементларнинг кичик миқдорда ҳам куйиши натижасида икки материал орасида номутаносиблик юзага келади ва кимёвий бирикмада нуқсонлар вужудга келади. Яна бир камчилик шундан иборатки, остки детал устки қотишма тўлдирувчи сифатида етиб келгунига қадар қаттиқ оксид пардасини ҳосил қилади ва икки қават орасида парда ҳосил бўлади. Ушбу камчиликни бартараф этиш учун “насос таъмирлаш” корхонасида ва Тошкент давлат техника университетининг “Металлар технологиялари” кафедрасининг илмий лабораториясида қатор тадқиқот ишлари олиб борилди. Ушбу тадқиқотлар суюқлантириш технологиясини такомиллаштириш асосида

зангламас пўлатлардан тайёрланган лопастларнинг ейилган қисмини тиклаш самарадорлигини оширишга қаратилган.

Ушбу тадқиқотлар шлак ҳосил қилиш ҳароратини оптималлаштиришга қаратилган бўлиб, тадқиқотлари қуйидагини ўз ичига олган: остки ва устки катод ва анод вазифаларини бажарувчи зангламас пўлат қисмларининг орасида электр ёй ҳосил қилинади. Бунда шлак вазифасини бажарувчи флюс электр-ёй ҳосил бўлиб, унинг ҳарорати 1800-2200 0C га етганидан кейин юкланадига етганидан кейин юкланади.

Ушбу маркадаги зангламас пўлатларга ананавий равишда қуйидаги термик ишлов берилади: 960-1020 0C да сув муҳитида тоблаш ва 680-780 0C ҳароратда ҳаво муҳитида бўшатиш. Шу билан бирга юза қисми тикланган деталларда ҳосил бўладиган ички зўриқиш кучларини йўқотиш учун бу усул етарли эмас, сабаби асосий детал билан юзага қопланган қисми орасида ҳосил бўладиган оксидларнинг механик хоссаларга салбий таъсирини бартараф этиш учун янги термик ишлов бериш режимлари керак. Тадқиқот ишининг кейинги босқичида зангламас пўлатдан тайёрланган лопаст деталининг емирилган юзасини электр-шлак усулида тўлдириш эвазига ҳосил бўлган деталга оптимал режим ишлаб чиқиш учун Тошкент давлат техника университетининг “Металлар технологиялари” кафедрасининг илмий лабораториясида сув ёрдамида тоблашнинг 1000-1050 0C, 1050-1100 режим обработки при температуре 1100-1150 0C. Вес образцов одинаковый и составлял 75 граммов. При этом поставлена задача образование единого состава изношенной части с основным материалом. Причем температура 960-1020 0C достаточна для термической обработки основного материала, однако исследования показали, что эта температура не достаточна для наплавления материала. То есть, при нанесения покрытия на изношенную поверхность, через 3-5 месяцев происходит сдвиг под большими нагрузками. В связи с этим проведены термические обработки в следующем режиме:

Для 1-го этапа

1-этап при температуре 750 0C с повышением температуры на 100 0C в час. При достижении температуры 750 0C выдерживается в течение 2 часов. Далее охлаждение со скоростью 100 0C в час до температуры 1000 0C и выдержка в течении 4 часов. После этого заготовка опускается в воду и выдерживается в течение 10-12 секунд. Для снятия остаточного напряжения нагревается до 650 0C и охлаждается в воздухе. Для сопоставительного анализа были получены образцы на износостойкость.

2-этап проведен при 800 0C с подогревом со скоростью 100 0C в час. После достижения температуры 800 0C выдерживали в течении 2 часа. Затем нагревали со скоростью 100 0C до температуры 1000 0C и выдерживали в течении 4 часов. Затем образцы вводили в воду и выдерживали 10-12 секунд. Для снятия внутреннего напряжения нагревали до температуры 650 0C и охлаждали в воздухе. Для сопоставительного анализа были получены пробы.

3-этап проводили при температуре 850 0C с нагревом со скоростью 100 0C. По достижению температуры 850 0C выдерживали 2 часа. Затем при скорости 100 0C нагревали до температуры 1000 0C и выдерживали в течение

4 часов. Затем образцы опускали в воду и выдерживали в течение 10-12 секунд. Для снятия внутреннего напряжения, нагревали до 650 °С и охлаждали в воздухе. По каждому этапу исследования получали образцы для исследований.

Заключения по 3 главе.

1. Для восстановления рабочего колеса насосов изготовленных из нержавеющей стали, в применяемых материал необходимо добавлять хром на 1-2% больше и никель больше на 0,5-0,6%.
2. для восстановления рабочего колеса насосов изготовленных из нержавеющей стали, в электрошлаковой печи температура сплава рекомендуется в пределах 2100 °С.
3. Для термической обработки рабочего колеса насосов нагрев должен быть со скоростью 100 °С до температуры 850 °С и выдержка 2 часа, затем нагрев со скоростью 100 °С до 1100 °С и выдержка в течение 4 часов. Для выдержки применять воздух.
4. Для снятия напряжений в рабочих колесах рекомендуется охлаждение в воздухе отпуском.

Четвертая глава диссертации «**Внедрение разработанной технологии в производственные условия и создание математической модели**» посвящена внедрению разработанной технологии в производство и создание математической модели.

Для внедрения технологии в производство “Насос таъмирлаш” необходимо было изменить технологию, в частности отказались от нанесения шлака на изношенную поверхность. Вместо этого, рабочее колесо насоса весом около 100 кг установлена на нижнюю часть печи. Для создания электрической дуги было подключено питание тока в 1000 КВт, через трансформатор. Верхний электрод весом 25 кг подключена с температурой 2100 °С. После достижения 2100 °С производится выдержка в течение 8-10 секунд с применением дополнительного флюса в количестве 6,5 кг. В результате была достигнута эффективность восстановления изношенного слоя. Это позволило увеличить срок службы рабочего колеса насоса на 45-55%. В то же время это позволило получить экономическую выгоду за каждое колесо в сумме более 3 миллиона сум. Если учесть что за год количество восстанавливаемых рабочих колес насосов составляет 262 штук, то годовой экономический эффект будет равен $3\,000\,000 \times 262 = 786\,000\,000$ сумов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана технология восстановления рабочего колеса насосов с помощью электро-шлакового переплава. С помощью интерполяции многополюсности Лагранжа разработана математическая модель процесса. То есть с применением уравнений, определяя неопределенные значения определяется множительное выражение эффективности функции.

$$\begin{bmatrix} 1 & x_0 & x_0^2 & \dots & x_0^n \\ 1 & x_1 & x_1^2 & \dots & x_1^n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_n & x_n^2 & \dots & x_n^n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_0 \\ y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

В формуле $n=3$, векторное уравнение

$$\begin{bmatrix} 1 & T_1 & T_1^2 \\ 1 & T_2 & T_2^2 \\ 1 & T_3 & T_3^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{bmatrix} \quad (2)$$

ОБЩИЕ ВЫВООДЫ ПО ДИССЕРТАЦИИ

По результатам исследовательских работ на тему «Разработка технологии повышения износостойкости деталей получаемых из нержавеющей стали методом литья и их термической обработки» для получения ученой степени доктора философии (PhD) по техническим наукам были получены следующие результаты:

1. Разработан состав материала для восстановления изношенной поверхности рабочего колеса насосов. Это позволит разработке эффективной технологии восстановления изношенной поверхности.

2. Разработана новая технология восстановления изношенной поверхности рабочего колеса насосов с применением электрошлакового переплава. Это позволит эффективно использовать флюсы для восстановления изношенной поверхности.

3. Разработана новый режим термической обработки восстановления изношенной поверхности рабочего колеса насосов. Это послужит повышению прочности рабочей поверхности.

4. Разработан состав флюса для восстановления изношенной поверхности рабочего колеса насосов. Это позволит повышению эффективности введения химических элементов для восстановления изношенной поверхности.

5. Разработана математическая модель обработки восстановления изношенной поверхности рабочего колеса насосов. Это послужит повышению эффективности восстановления со снижением количества исследований в 10 раз.

6. В результате внедрения технологии изношенной поверхности рабочего колеса насоса из нержавеющей стали на предприятии «Насос таьмирлдаш» получена экономическая выгода в 750 миллиона сум в год.

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

NAVOI STATE UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGIES

BARAKAEV FAKHRIDDIN NAJMIDINOVICH

**DEVELOPMENT OF HEAT TREATMENT TECHNOLOGY AND
IMPROVEMENT OF WEAR RESISTANCE OF CAST STAINLESS-STEEL
PARTS**

05.02.01 – Materials science in mechanical engineering. Foundry production. Thermal and pressure treatment of metals. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals. Technology of rare, noble and radioactive elements (foundry production and metal processing)

**Abstract of dissertation Doctor of Philosophy (PhD)
in technical sciences**

The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2024.2.PhD/T4656

The thesis was completed at the Navoi state university of mining and technologies.

The abstract of the thesis in three languages (uzbek, russian, english (resume)) is available on the website of the (www.tdtu.uz) and on the information and educational portal “ZiyoNet” (www.ziynet.uz).

Scientific supervisor:	Turakhodjaev Nodir Djakhongirovich doctor of Technical Sciences, Professor
Official opponents:	Khalikulov Utkir Mirzakamalovich doctor of Technical Sciences, Associate Professor
	Khudayarov Suleyman Rashidovich doctor of Technical Sciences, Associate Professor
Leading organization:	Andijan State Technical Institute

The defense of the dissertation will be held «13⁰⁰» on « 29 » December in 2025 at the meeting of the Scientific Council DSc.03.30.12.2019.T.03.04 at the Tashkent State Technical University and National University of Uzbekistan (Address: 100095, Tashkent, University street, 2, tel/fax.: (99871) 207-14-64, E-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz).

The dissertation has been registered at the Information Resource Center (IRC) of the Tashkent State Technical University under № 71 (Address: 100095, Tashkent, University street, 2, tel/fax.: (99871) 207-14-64, E-mail: (tadqiqotchi@tdtu.uz)).

The abstract of the dissertation is distributed on « 16 » December in 2025 protocol at the register № 206 dated « 29 » on «13» December in 2025.

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

Sh.B.Tashbulatov
Scientific secretary of the scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, associate professor

N.S.Dunyashin
Chairman of scientific seminar at scientific
council on awarding of scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of the dissertation of Doctor of Philosophy (PhD))

The purpose of the research is the development of a technology for increasing the wear resistance of stainless-steel parts and their heat treatment.

The object of the research is a stainless-steel impeller for pumps.

The scientific novelty of the research work is as follows:

an optimal composition of the materials used for increasing the wear resistance in the repair of cast parts has been developed on the basis of the wear resistance of the compounds formed as a result of high-temperature chemical reactions between the chemical composition of the material in the repaired zone and the applied material;

the regulations of out-of-furnace heat treatment of stainless-steel parts have been developed on the basis of ensuring technological continuity during the loading of the processed parts into heat-treatment furnaces, stable control of structure formation, and increasing the efficiency of the thermal cycle;

developed on the basis of the physicochemical properties of chemical compounds formed between the restored part and the processing material of stainless-steel parts, their stability and mechanisms of mutual interaction;

an energy-saving melting mode of stainless steels in induction furnaces has been developed on the basis of standardizing technological requirements for the mode of stable maintenance of the temperature of the liquid metal remaining inside the furnace, as well as on the basis of parameters minimizing heat losses and optimizing the consumption of electric power;

a holding mode of stainless steels in an induction furnace has been developed on the basis of the dependence of the temperature of the liquid alloy, the volume in the furnace and the heat-loss coefficient on the lining material of the furnace, taking into account the mutual thermodynamic and thermophysical relations between them.

Implementation of the research results. Based on the obtained scientific results on improving the operational properties of wear-resistant high-chromium cast irons based on the development of their updated composition:

in the process of repairing volumetric parts at LLC “Remont nasosov”, a composition of materials used to increase their wear resistance has been introduced (Certificate No. 03-721 dated April 18, 2023, of the “Department of Use of Machine Channels of Amu-Bukhara of the Ministry of Water Management of Uzbekistan”). As a result, the absorbing ability of the parts increased by 8–10%;

at LLC “Remont nasosov”, standards of heat treatment of stainless-steel parts without the use of a furnace have been introduced (Certificate No. 03-721 dated April 18, 2023, of the “Department of Use of Machine Channels of Amu-Bukhara of the Ministry of Water Management of Uzbekistan”). As a result, energy efficiency during processing increased by 11–13%;

a new recovery technology for stainless-steel parts has been introduced at LLC “Remont nasosov” (Certificate No. 03-721 dated April 18, 2023, of the “Department of Use of Machine Channels of Amu-Bukhara of the Ministry of Water Management of Uzbekistan”). As a result, the service life of the parts increased by 7–8%.

The structure and content of the thesis. The content of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 120 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST of PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Турахаджаев Н.Дж., Баракаев Ф.Н. Зангламас пўлатларнинг микроструктура вий тахлили. // Development of Science - 2025. Vol.3(2). – В. 198-205. ОАК Раёсатининг 2025 йил 12 февралдаги 367 сон қарори. (05.00.00.)
2. Турахаджаев Н.Дж, Баракаев Ф.Н. Зангламас пўлатлардан куйма усулида деталларнинг ейилишбардошлигини ошириш технологиясини моделлаштириш. // Development of Science - 2025. Vol.3(2). – В. 186-197. ОАК Раёсатининг 2025 йил 12 февралдаги 367 сон қарори. (05.00.00.)
3. Турахаджаев Н.Дж, Баракаев Ф.Н. Зангламас пўлатлар ейилишбардошлигини ошириш. // Development of Science - 2025. Vol.3(2). – В. 175-184. ОАК Раёсатининг 2025 йил 12 февралдаги 367 сон қарори. (05.00.00.)
4. Турахаджаев Н.Дж, Баракаев Ф.Н. Зангламас пўлатларнинг ейилишбардошлигини ошириш усуллари. // Композицион материаллар илмий-техникавий ва амалий журнали. – 2025. №2. В. 193. (05.00.00. №13)
5. Турахаджаев Н. Дж, Баракаев Ф. Н. Зангламас пўлатларни қолипга куйиш ҳароратининг маҳсулот ейилишбардошлигига таъсирини тадқиқ қилиш. // Композицион материаллар илмий-техникавий ва амалий журнали. – 2025. №2. В. 197. (05.00.00. №13)

II бўлим (II часть; part II)

6. Турахаджаев Н.Дж, Баракаев Ф.Н. Основные понятия нержавеющей стали. // мавзусида Республика миқёсидаги илмий-амалий конференция. – Наманган. 2022. - 327-330 б.
7. Турахаджаев Н.Дж, Баракаев Ф.Н. Получения нержавеющей стали на основе титан.- мавзусида Республика миқёсидаги илмий-амалий конференция. - Наманган, 2022. -330-330 б.
8. Турахаджаев Н.Дж, Баракаев Ф.Н. Қаландаров Н.О. Режимы обработки закаленных сталей. // Central asian journal of theoretical and applied sciences. -2021. Vol. 2(6). – В. 40-43.
9. Турахаджаев Н.Дж, Баракаев Ф.Н. Қаландаров Н.О. Термической обработка стали и сплав. // Scientific forum: theory and practice of research. -2021. В. 101-105.
10. Турахаджаев Н.Дж, Баракаев Ф.Н. Қаландаров Н.О. Нержавеющие стали и их применение в производстве. // Eurasian journal of academic research. – 2021. В. 122-126.

11. Турахаджаев Н.Дж, Баракаев Ф.Н. Методы термической обработки нержавеющей сталей. // Eurasian journal of academic research. – 2021. В. 126-128.
12. Турахаджаев Н.Дж, Баракаев Ф.Н. Zanglamlas po‘ltni suyuqlantirishda bo‘ladigan reaksiyalarga kimyoviy elementlarning ta‘siri. // “Quymakorlik ishlab chiqarish sohasida resurs va energiyatejamkor innovatsion texnologiyalar” mavzusidagi xalqaro miqiyosdagi ilmiy va ilmiy-texnik anjuman. 21-22 may. - 2025. Toshkent. B. 327.
13. Турахаджаев Н.Дж, Баракаев Ф.Н. Zanglamlas po‘ltni suyuqlantirishda bo‘ladigan reaksiyalarga kimyoviy elementlarning ta‘siri. // “Quymakorlik ishlab chiqarish sohasida resurs va energiyatejamkor innovatsion texnologiyalar” mavzusidagi Xalqaro miqiyosdagi ilmiy va ilmiy-texnik anjuman 21-22 may. - 2025 Toshkent. B. 155-158.

Avtoreferat «O‘zbekiston konchilik xabarnomasi» jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazilgan, o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o‘zaro muvofiqlashtirildi.



Bichimi 60x84 $\frac{1}{16}$, “Times New Roman”
garniturada raqamli bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog‘i: 3. Adadi 100. Buyurtma № 25.
Tel (93) 955-25-25.

Guvohnoma № 212895
“TEXNO PRINT NAVOI” MCHJ bosmaxonasida chop etildi.
Bosmaxona manzili: Navoiy sh. Guliston - 3 massivi