

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

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ОДИЛОВ ФУРКАТ УМАРБЕКОВИЧ

**ОҚ ЧЎЯНЛАРДАН ҚУЙМА УСУЛИДА ОЛИНАДИГАН
МАШИНАСОЗЛИК ДЕТАЛЛАРИНИНГ ЕЙИЛИШБАРДОШЛИГИНИ
ОШИРИШ 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 – 2021

Фалсафа доктори(PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Одилов Фуркат Умарбекович

Оқ чўянлардан қуйма усулида олинадиган машинасозлик деталларининг ейилишбардошлигини ошириш технологиясини ишлаб чиқиш3

Одилов Фуркат Умарбекович

Разработка технологии повышения износостойкости машиностроительных деталей из белого чугуна, получаемых методом литья.....25

Odilov Furkat Umarbekovich

Development of technology for increasing the wear resistance of machine-building parts by casting from white cast iron45

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works48

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

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ОДИЛОВ ФУРКАТ УМАРБЕКОВИЧ

ОҚ ЧЎЯНЛАРДАН ҚУЙМА УСУЛИДА ОЛИНАДИГАН
МАШИНАСОЗЛИК ДЕТАЛЛАРИНИНГ ЕЙИЛИШБАРДОШЛИГИНИ
ОШИРИШ 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 – 2021

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.4.PhD/Г724 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: Атажанов Гапур Латибович
техника фанлари номзоди, доцент

Расмий оппонентлар: Норхуджаев Файзулла Рамазанович
техника фанлари доктори, профессор
Худояров Сулейман Рашидович
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот: Фарғона политехника институти

Диссертация химояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.Г.03.04 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «22» декабрь соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент шаҳар, Олмазор тумани, Университет кўчаси 2-уй. Тел/факс.: (99871) 277-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (233 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент шаҳар, Олмазор тумани, Университет кўчаси 2-уй. Тел/факс.: (99871) 277-10-32).

Диссертация автореферати 2021 йил «09» декабрь куни тарқатилди.
(2021 йил «09» декабрдаги №131 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 бўйича фалсафа доктори


Н.Д. Тураходжаев
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш қошидаги илмий семинар
раиси, техника фанлари доктори, профессор

КИРИШ (Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда замонавий металлургия саноатида олиниши арзон ва қулай бўлган оқ чўянлардан ейилишбардош машинасозлик деталларини ишлаб чиқариш алоҳида аҳамият касб этмоқда. Шу билан бирга машинасозлик деталларини қуйма усулда ишлаб чиқаришда ресурс тежамкорлигини таъминлаш, суюк қотишмага ишлов беришда қўлланиладиган қимматбаҳо модификаторларнинг сарфини камайтириш, ейилишбардош структура ҳосил қилишда самарали технологияларни қўллаш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Бу борада ривожланган мамлакатлар, жумладан АҚШ, Германия, Италия, Испания, Россия, Хитой ва бошқа мамлакатларнинг илмий-тадқиқот марказларида оқ чўянлардан ейилишбардош машинасозлик деталларини ишлаб чиқаришда сифатли структура яратишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Йилдан-йилга ишлаб чиқариш миқдорининг ошиши сабабли ейилишбардошли оқ чўянлардан тайёрланадиган деталларнинг сифатига бўлган талабнинг ортиши ресурс тежамкорлигини таъминлайдиган самарали усул асосида сифатли оқ чўянлардан қуйма деталлар олиш технологиясини яратиш ва уни амалиётга татбиқ этиш муҳим аҳамиятга эга.

Жаҳонда ейилишбардош оқ чўянлардан қуйма усулда машинасозлик деталларини олишда қотишма структурасини яхшилаш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича кенг кўламда илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан оқ чўян таркибига модификатор сифатида хром элементларини киритиш усулини қўллаш, турли модификаторлар ёрдамида структуранинг шаклланишини меъёрлаш, шаклланаётган структурадаги карбидларнинг ўсиш йўналишини бошқариш ва термик ишлов бериш режимларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этмоқда. Бу соҳада мақсадли илмий тадқиқотлар, жумладан, қуйидаги йўналишлардаги илмий изланишларни амалга ошириш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади: ейилишга бардошли оқ чўянларнинг ишлаш муҳитини эътиборга олиб, қотишма таркибини замонавий дастурлар ёрдамида ҳисоблаш ва ишлаб чиқиш; ейилишбардош юза ҳосил қилишда ресурс ва энергия тежамкорлигини таъминлайдиган технологияни ишлаб чиқиш зарур ҳисобланади.

Республикамизда минерал ресурслардан комплекс фойдаланиш, ишлаб чиқариш соҳаларида маҳаллий хомашёлардан кенг фойдаланиш ва жаҳонда рақобатбардошликни таъминлайдиган технологияларни яратиш чоратадбирлари амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...макроиқтисодий барқарорликни мустаҳкамлаш ва юқори иқтисодий ўсиш суръатларини сақлаб қолиш, миллий иқтисодиётнинг рақобатбардошлигини ошириш, ... иқтисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган

технологияларни кенг жорий этиш»¹ вазифаси белгилаб берилган. Ушбу вазифаларни амалга ошириш, жумладан, мавжуд хомашё ресурсларидан оқилона фойдаланиш, оқ чўянлардан машинасозлик деталларини ишлаб чиқишда камчиқиндилли технологияларни амалиётга татбиқ этиш ҳамда оқ чўянлардан ишқаланиш юзасидаги ейилишбардошликни таъминлайдиган структура ҳосил қилиш технологиясини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

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

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

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дунё олимлари томонидан оқ чўянлардан ейилишбардош машинасозлик деталларини ишлаб чиқаришда самарали технологияни яратиш бўйича кўплаб тадқиқотлар олиб борилган. Дунёнинг етакчи олимлари, жумладан Американинг кон бошқармасидаги Олбани тадқиқот маркази тадқиқотчиси Джордж Лэрд ва Жанубий Австралиянинг Вудвиллдаги Ҳамдўстликнинг илмий тадқиқотлар ташкилоти (CSIRO) бош илмий ходими Грэм Л.Ф. Пауэлл томонидан юқори хромли оқ чўянларни кремний ёрдамида легирлаш тадқиқотлари олиб борилган. Тадқиқотлар натижасида юқори хромли оқ чўян таркиби кремний билан легирланганида эвтектик карбидларнинг миқдори кўпайиши ва натижада ейилишбардошликнинг ортиш механизми ишлаб чиқилган. Американинг Миссури илм ва технологиялар университети, Жоржия Жанубий университети ва Иллинойс Caterpillar Inc. олимлари оқ чўян таркибида графитнинг мавжудлиги ейилишбардошликни 4-6% га оширишга хизмат қилишини аниқлашган. Италиянинг Via Branze (DIMI), Dragflow SRL, Via Paesa илмий тадқиқот институтлари олимлари Марчелло Гелфи, Пола Лука, Marianovella Masotti ва Giovina Марина La Vecchia лар томонидан 1160 °С ҳароратда юқори хромли оқ чўянларга ишлов берилганида эрозиябардошлигини ошириш механизмини ишлаб чиқишган. Испаниянинг

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

Овьедо университети материалшунослик гурухи аъзолари Алехандро Гонсалес-Посиньо, Флорентино Альварес-Антолин ва Хуан Асенсио-Лозанолар хромли молибден билан легирларнган оқ чўянларнинг ейилишбардошлигини оширишдаги турли ностабил термик ишлов бериш механизмларини аниқлашган. Бунда мой муҳитида 12 соат давомида тобланган оқ чўяннинг қаттиқлиги 993 НВ га етиши, ҳавода совутилган намуналарда эса бу кўрсаткич 661 НВдан ошмаслиги аниқланган. Хитойнинг Цзинань университети ва Ейилишбардош ва коррозиябардош функционал илғор материаллар институти тадқиқотчиалри Чжэн Jiandong Син, Вэй Ли Xiaohui ва Ту Yongxin Jian лар томонидан олиб борилган илмий изланишлар натижасида оқ чўян таркибига хромнинг кўшилиши натижасида унинг қовушқоқлиги 172-174% га ортиши аниқланган ва ейилишбардошлигининг бир қанча ортиши билан цементитнинг синергетик эффекти пасайиши кузатилган. Бунда ейилишбардошликни 15-16% га ортиши намунага кўйилган юкламанинг ортиши билан боғлиқлик даражаси аниқланган.

МДХ олимлари О.Н.Доронин оқ чўян билан электрод материалининг титан карбидининг юқори ҳароратларда боғлиқлик концентрациясини ишлаб чиққан. Бунда энергиянинг 0,4 Дж дан ортиши натижасида концентрациянинг бир меъёрда камайиши ва 3,0 Дж га етганда тўла йўқолиши кузатилган. Натижада энергетик режим танлашда чегара миқдорларини аниқлаш имкони пайдо бўлган.

А.И.Орехова, Л.Я.Козлов ва Е.В.Рожковалар олиб борган илмий изланишлар натижасида 3-5% хромли чўянларда бирламчи структурани бошқариш асосида хром-карбид эвтектикасини олиш технологияси ишлаб чиқилган. Натижада чўяннинг мустақкамлиги 15-20% га ошириш имкони яратилган. Таркибида 18-19 % хромли оқ чўянда бирламчи ва эвтектик карбидларнинг майда донали структурасини ҳосил қилиш технологияси ишлаб чиқилган.

Шунингдек, оқ чўянларнинг ейилишбардошлигини ошириш ва деталларнинг хизмат муддатини ошириш бўйича Ўзбекистонда илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ўзбек олимлари Н.Д.Тураходжаев, Ю.Н.Мансуров, Н.М.Саидмахаматов, З.М.Бободустов, У.Ж.Рахимовлар оқ чўянларни хром билан ишлов бериш натижасида ейилишбардош юза ҳосил қилиш учун қолипга қуйиш технологиясини ишлаб чиқишган. Натижада бир марталик қолипга қуйилган оқ чўянларда юза қаттиқлигини 12-14% га ошириш микони яратилган.

Оқ чўянлардан қуйма маҳсулотлар олишда юза қаттиқлиги ва ейилишбардошлигини ошириш соҳасида кўплаб илмий натижаларга эришилишига қарамай, ҳали ечимини топпаган муаммолар кўп. Жумладан, оқ чўянларнинг ейилишбардошлигига катта таъсир қилиши мумкин бўлган ейилиш юзасига нисбатан карбидларнинг перпендикуляр жойлашишини таъминлайдиган технологияси ишлаб чиқилмаган. Юқорида келтирилган муаммолар ечимини топиш учун оқ чўянларда хром миқдорини оширмаган ҳолда улардаги карбидларнинг ейилиш юзасига нисбатан перпендикуляр

жойлашишини таъминлайдиган технологияни ишлаб чиқиш учун тадқиқотлар ўтказиш зарур.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети илмий-тадқиқот ишлари режасининг №2/2020 «300X32H2M2TЛ маркали ейилишбардош оқ чўяннинг ейилишбардошлигини карбидларнинг ишқаланаётган юзага перпендикуляр жойлаштириш ҳисобига ошириш» (2020 й.) хўжалик шартномаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади оқ чўянлардан қўйма усулида олинадиган машинасозлик деталларининг ейилишбардошлигини ошириш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

оқ чўянларнинг хоссаларини ва қўлланилиш соҳаларини таҳлил қилиш; ейилишбардош юза ҳосил қилиш учун олиб борилаётган илмий тадқиқотларни таҳлил қилиш;

бир марталик қолипларга оқ чўян қуйишда машинасозлик деталлари юзаларида ейилишбардош юза ҳосил қилиш технологиясини ишлаб чиқиш; қолипга оқ чўянни қуйишда қотишма таркибига хром элементини киритишнинг самарали технологиясини ишлаб чиқиш;

қолип ичида оқ чўяннинг кристалланишида ейилишбардош юза ҳосил қилиш технологиясини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида «Навоий КМК» ДКнинг «НМЗ» корхонасида ишлаб чиқиладиган 300X32H2M2TЛ маркали оқ чўян олинган.

Тадқиқотнинг предмети оқ чўянни қуймакорлик қолипида қуйиш даврида машинасозлик деталининг юзасига хром элементини киритилишини таъминлайдиган технологияси ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида оқ чўяндан машинасозлик деталларини қолипга қуйиб олишда карбидларнинг ўсиш технологияларини тадқиқ этишнинг замонавий назарий ва экспериментал усуллари, ИК-спектроскопия намуналари структурасини ўрганиш, электрон микроскоп ёрдамида қум-гилли қолипларда қўймалар олишда совутгичлардан фойдаланиш асосида структуравий ўзгаришларни аниқлаш ҳамда қўйма усулда олинган намунанинг ейилишбардошлик даражасини аниқлаш усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

қотишма таркибидаги нометалл қўшимчалар миқдорининг камайишини таъминлайдиган оқ чўянга печдан ташқари ишлов бериш технологияси нометалл қўшимчаларнинг металл таркибидаги диффузиясининг қонуниятлари асосида ишлаб чиқилган;

оқ чўянни қолипга қуйишда ва қолип ичида совутилишида йўналтирилган кристалланиш жараёнини металлнинг иссиқлик физика хоссалари асосидаги технологияси ишлаб чиқилган;

оқ чўянни қолип ичида йўналтирилган кристалланишини таъминлайдиган технология қотишмаларнинг қолип ичидаги иссиқлик алмашинуви натижасида ҳосил бўладиган ҳарорат градиенти асосида ишлаб чиқилган;

оқ чўяннинг ейилишбардошлигини сақлаган ҳолда унинг таркибидаги хром миқдорини камайтириш технологияси унинг кокил материалнинг иссиқлик физика хоссалари асосида ишлаб чиқилган;

Оқ чўянлар кимёвий таркиби асосида уларнинг структурасидаги карбидлар ($M3C \rightarrow M23C6$) ҳосил бўлиши назарияси тадқиқ этилган. Карбидлар хоссаларини фойдали ишлатиш мақсадида уларни миқдорини ошириш усуллари ҳамда кристалланиш усуллари таҳлили асосида карбидларнинг йўналтирилган кристалланишининг назарий асоси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

оқ чўянларни суюқлантиришда ресурс тежамкорлигини таъминлайдиган технология ишлаб чиқилган;

оқ чўянларни ишлаб чиқишда деталларнинг хизмат муддатини оширишни таъминлайдиган печдан ташқари ишлов бериш ишлаб чиқилган;

оқ чўянлардан олинадиган деталларнинг ейилишбардошлигини ошириш имконини берадиган қотишманинг қолип ичида йўналтирилган кристалланишини таъминлайдиган технология ишлаб чиқилган.

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

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти индукцион ИЧТ 2,5 печида легирланган оқ чўянни суюқлантириш ва кокилга қуйишда ресурс тежамкор технологияни ишлаб чиқиш билан изоҳланади;

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти легирланган оқ чўяндан деталлар тайёрлашда маҳсулотнинг таннархи 16-18% га камайишини таъминлайдиган технологиясининг ишлаб чиқилгани билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Оқ чўянлардан қуйма усулида олинадиган машинасозлик деталларининг ейилишбардошлигини ошириш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

қотишма таркибидаги нометалл қўшимчаларнинг камайишини таъминлайдиган оқ чўянга печдан ташқари ишлов бериш технологияси “Навоий КМК” ДКнинг “Навоий машинасозлик заводи”га жорий қилинган («Навоий КМК» ДКнинг 2020 йил 25 декабрдаги №02-06-04/13690-сон маълумотномаси). Натижада деталларнинг қаттиқлиги 15-18% га ортган;

оқ чўяннинг қолип ичида йўналтирилган кристалланишини таъминлайдиган технология “Навоий КМК” ДКнинг “Навоий машинасозлик заводи”га жорий қилинган («Навоий КМК» ДКнинг 2020 йил 25 декабрдаги №02-06-04/13690-сон маълумотномаси). Натижада қўймаларнинг хизмат муддати 10-12% га оширилган;

оқ чўян олишда карбидларнинг ейилиш юзасига нисбатан перпендикуляр жойлашишини таъминлайдиган технология “Навоий КМК” ДКнинг “Навоий машинасозлик заводи”га жорий қилинган («Навоий КМК» ДКнинг 2020 йил 25 декабрдаги №02-06-04/13690-сон маълумотномаси). Натижада қўйма маҳсулотларнинг хизмат муддати 18-20% га ошган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертациянинг тадқиқот натижалари 15 та, жумладан 14 та халқаро ва 1 та республика илмий-амалий анжуманларида ва симпозиумларида муҳокамадан ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 26 та илмий иш чоп этилган. Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларида 11 та мақола, шу жумладан 8 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 «**Оқ чўянлардан олинган машинасозлик деталларининг ейилишбардошлигини ошириш технологиясини ишлаб чиқишнинг замонавий ҳолати ва истиқболи**» деб номланган биринчи бобида оқ чўянлардан машинасозлик деталларини ишлаб чиқаришдаги мавжуд технологиялар, оқ чўяннинг таркибини легирлаш усуллари, оқ чўяндан олинадиган деталларнинг ишчи юзалари ейилишбардошлигини оширишнинг замонавий аҳволи таҳлил қилинган.

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

Ушбу диссертацияда келтирилган технологиялар, яъни, юқори микдорда хром билан оқ чўянни бойитиш ҳисобига ейилишбардошликни ошириш, оқ чўяндан олинган машинасозлик деталларини кўшимча элемент билан

легириш, деталларнинг юза қаттиқлигини термик ишлов бериш асосида ошириш, оқ чўяндан машинасозлик деталларини куйма усулда олиш жараёнининг ўзида ейилишбардошлигини таъминлаш ва хром сарфини камайтириш асосида юза қаттиқлигини ҳосил қилиш технологияси керакли даражада ўрганилмаганлиги аниқланди.

1-боб бўйича хулосалар.

Оқ чўянлардан куйма маҳсулотлар олишда юза қаттиқлиги ва ейилишбардошлигини ошириш соҳасида кўплаб илмий натижаларга эришилишига қарамай, ҳали ечимини топмаган муаммолар кўп. Жумладан, оқ чўянларнинг ейилишбардошлигига катта таъсир қилиши мумкин бўлган ейилиш юзасига нисбатан карбидларнинг перпендикуляр жойлашишини таъминлайдиган технологияси ишлаб чиқилмаган. Юқорида келтирилган муаммолар ечимини топиш учун оқ чўянларда хром миқдорини оширмаган ҳолда улардаги карбидларнинг ейилиш юзасига нисбатан перпендикуляр жойлашишини таъминлайдиган технологияни ишлаб чиқиш учун тадқиқотлар ўтказиш зарур.

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

Тадқиқот объекти сифатида «Навоий КМК» ДК таркибидаги “Навоий машинасозлик заводи” ишлаб чиқариш корхонасида ишлаб чиқарилаётган оқ чўянлар танланган. Инновацион ривожланиш вазирлиги ҳузуридаги Илғор технологиялар маркази лаборатория шароитида фазалар идентификацияси ҳамда бир ёки бир нечта аниқ тасвирлар ҳосил қилиш ва сирт хоссаларини аниқлашни сканерловчи электрон микроскоп (СЭМ-Zeiss EVO MA 10 (Carl Zeiss)) ва (Empyrean Malvern Panalytical) интеллектуал дифрактометри асосида ўтказилган.

Қотишмаларнинг механик хоссаларини аниқлашда “P-50 M” рақамли автотехника машинаси ёрдамида амалга оширилган.

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

2-боб бўйича ишлаб чиқилган хулосалар.

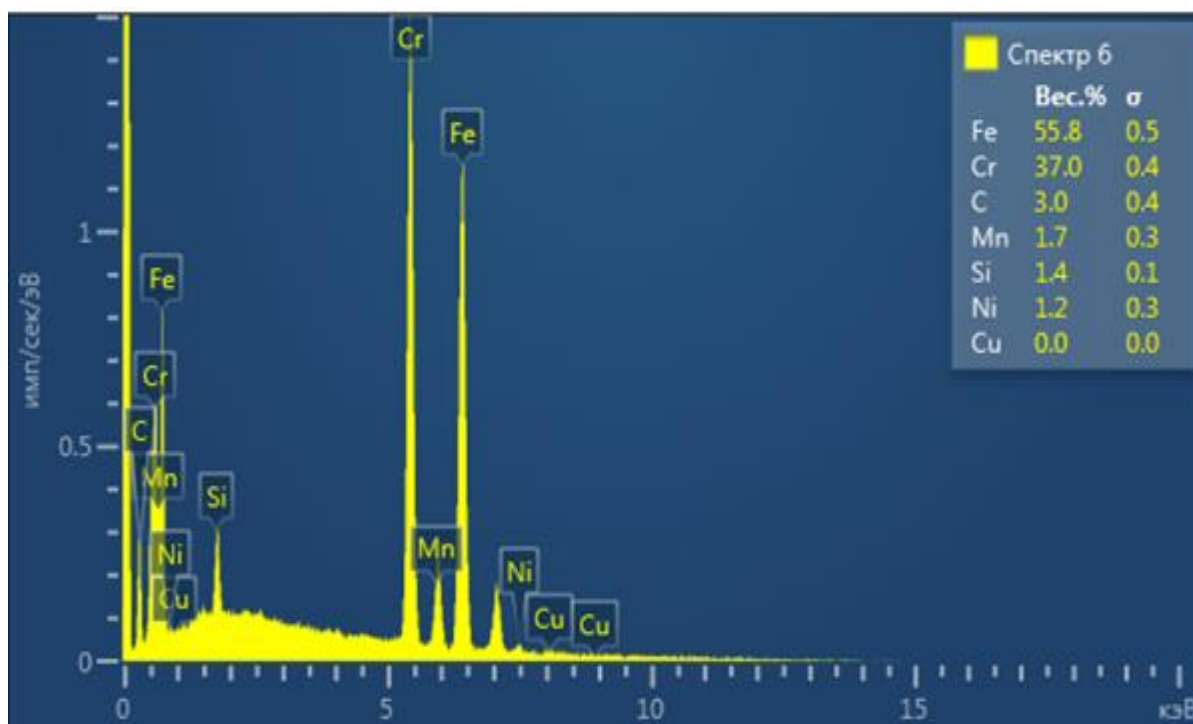
1. Бир ёки бир нечта аниқ тасвирлар ҳосил қилиш ва сирт хоссалари аниқлашни сканерловчи электрон микроскоп (СЭМ-Zeiss EVO MA 10 (Carl Zeiss)) ва (Empyrean Malvern Panalytical) интеллектуал дифрактометри асосида ўтказилиши танлаб олинди.

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

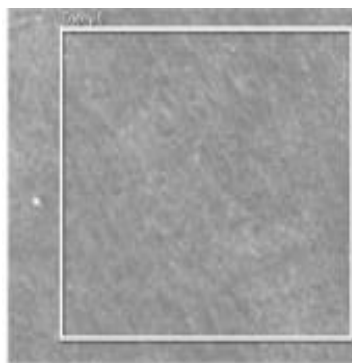
3. Оқ чўядан ишлаб чиқиладиган деталларнинг қаттиқлиги “P-50 M” русумли қурилма ёрдамида аниқланиш усули танлаб олинди.

Диссертациянинг «Қуйма усулда оқ чўянлардан олинадиган машинасозлик деталларининг ейилишбардошлигини ошириш технологиясини ишлаб чиқиш» деб номланган учинчи боби оқ чўянларни хромнинг турли миқдори билан легирлаш асосида юза қаттиқлиги ва ейилишбардошлигини ошириш динамикасини аниқлаш, қотишмага печдан ташқари ишлов берилганида ва қолип ичида кристалланиш жараёнида йўналтирилган кристалланишни таъминлаш ҳисобига карбидларнинг ейилиш юзасига нисбатан перпендикуляр бўлишини таъминлаш бўйича олиб борилган тадқиқотларга бағишланган.

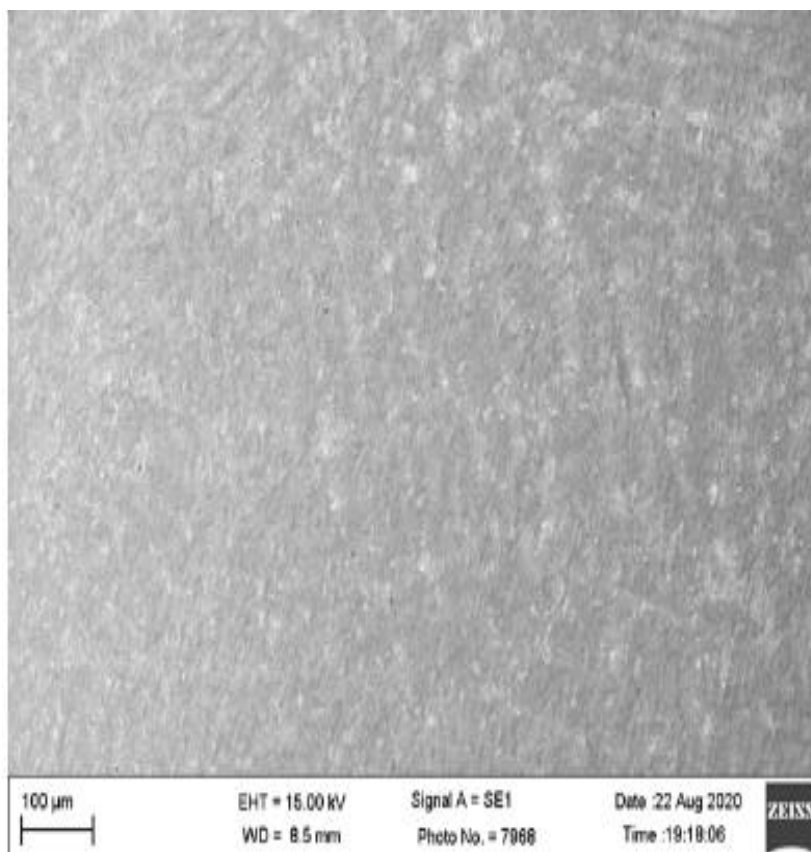
“Навоий КМК” ДК нинг НМЗ корхонасида легирланган оқ чўянни СЭМ Zeiss EVO MA 10 сканерловчи электрон микроскопда олинган элементлар таҳлили натижаси 2-расмда келтирилган. Бунда легирловчи элемент ҳисобида қўлланиладиган хромнинг миқдори ўртача 37% ни ташкил этади. “Навоий КМК” ДК нинг НМЗ корхонасида оқ чўянга хром билан ишлов берилганида олинган структура таҳлили структура майда донали ва нометалл қўшимчаларининг кам миқдорда эканини кўрсатади (2-расм).



1-расм. Сканерловчи электрон микроскопда олинган элементлар таҳлили натижаси.

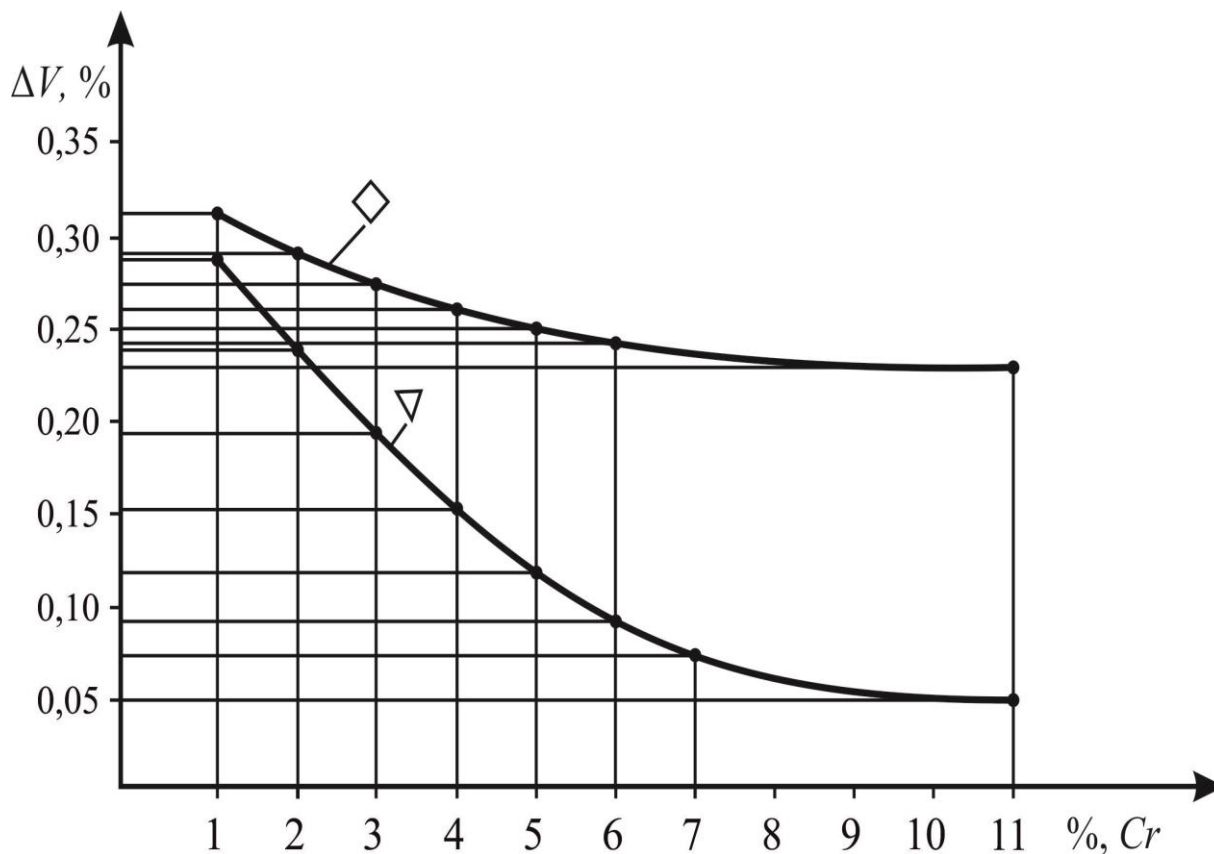


Элемент	Вес.%	Сигма Вес.%
<u>Fe</u>	55.76	0.48
<u>Cr</u>	36.98	0.41
<u>C</u>	3.01	0.42
<u>Mn</u>	1.67	0.28
<u>Si</u>	1.36	0.12
<u>Ni</u>	1.22	0.30
<u>Cu</u>	0.00	0.00
Сумма:	100.00	



2 - расм. Оқ чўянга хром билан ишлов берилганида олинган структура таҳлили.

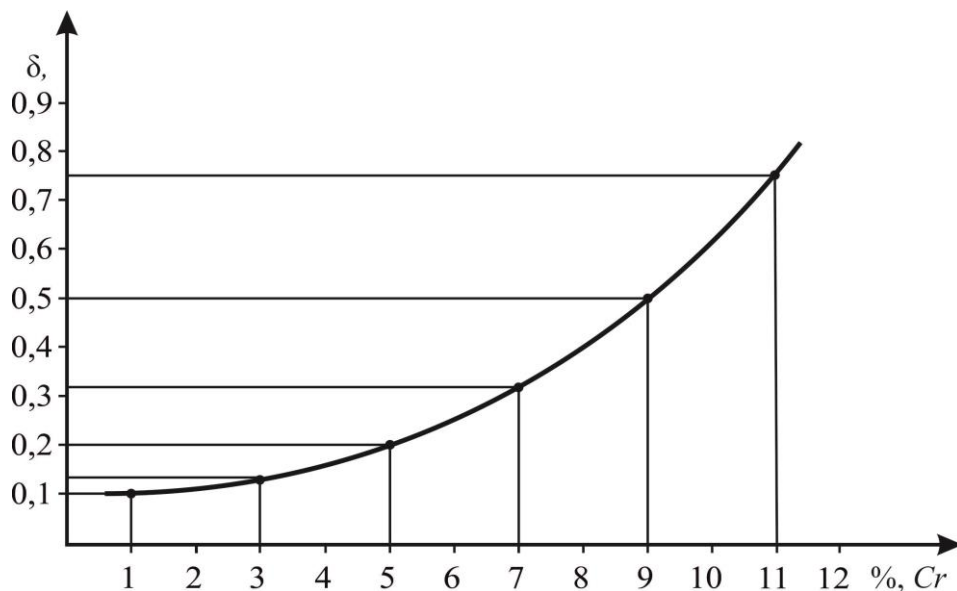
Бундай структурани ҳосил қилиш учун ишлаб чиқариш шароитида оқ чўян таркибига суюқлантириш печига ёки ковш ичига ўртача 32-38% хром қўшилиши талаб этилади. Бу эса ўз навбатида сезиларли харажатларга олиб келади ва маҳсулотнинг таннархига салбий таъсир кўрсатади. Талаб этиладиган қаттиқлик ва ейилишбардошликка эга бўлиш учун Тошкент давлат техника университетининг лаборатория шароитида тадқиқотлар олиб борилди. Бунда оқ чўянга қўшиладиган хромни печнинг ичига эмас, балки ковшга ёки суюқ металл бевосита қўйма детални ҳосил қилиш учун қўйиладиган кокил ичига 1-15% миқдори оралиғида амалга оширилди. Керакли механик хоссаларни ҳосил қилиш учун қотишмага турли ишлов бериш усуллари қўлланилди. Жумладан, оқ чўян таркибидаги хром миқдорининг деталнинг ҳажм бўйича нисбий ейилишига боғлиқлигини аниқлаш мақсадида 1 % дан 15 % гача миқдорда аввал ўртача диаметри 6-12 мм бўлган бўлакчалар кўринишида, кейинчалик эса кукун кўринишида киритилди. 3-расмда ковш ичига ва кокилга киритилган хромнинг оқ чўян ейилишига таъсир қилиш даражасини аниқлаш бўйича ўтказилган тадқиқот натижалари келтирилган.



Cr ковшга қўшилгандаги ҳолат
Cr кокилга қўшилгандаги ҳолат

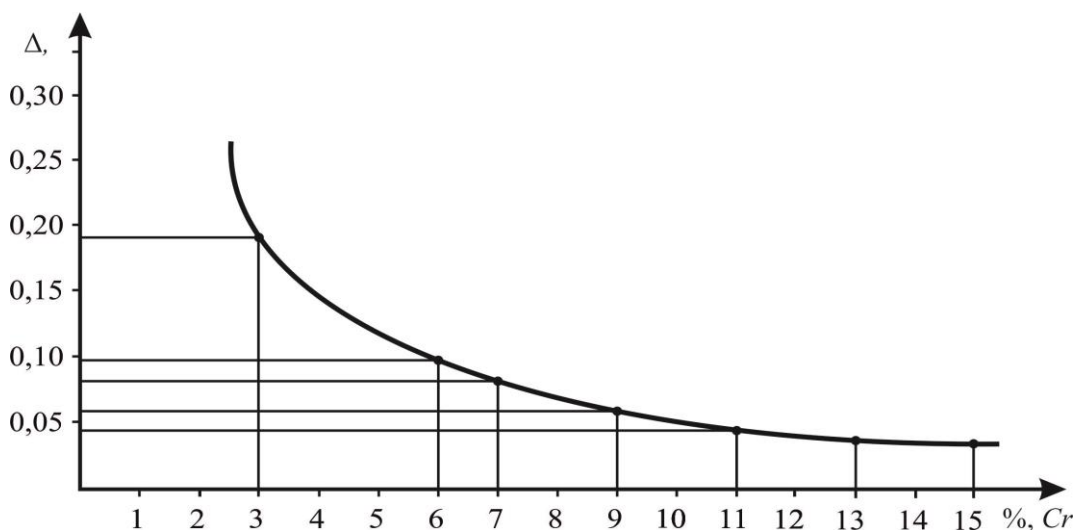
3-расм. Оқ чўян таркибидаги хром миқдорининг деталь ҳажмининг нисбий ейилишига боғлиқлик графиги.

Олинган натижалардан кўриниб турибдики, хромнинг ковшга киритилиши ейилишбардошликнинг ортишига кўпроқ таъсир кўрсатади. Бу ковш ичида киритилган хромнинг яхши суюқланиши ва ҳажм бўйича бир меъёрда тақсимланиши билан боғлиқ бўлиш эҳтимолини кўрсатади. Сабаби хром бўлаклари кокил ичида суюқланиб, қотишма ҳажми бўйича тенг тақсимланиш имконига эга бўлмаслиги катта эҳтимол. Тадқиқотнинг кейинги босқичида кокил ичига киритиладиган хромни кукунсимон кўринишда амалга ошириш режалаштирилди. Бунда хром кукунининг қуйиб кетишининг олдини олиш мақсадида уни иссиқбардош бўёқ таркибига қўшиш усули амалга оширилди. Бунинг учун қолипга оқ чўянни қуйиш жараёнида металл юзасида қаттиқ қобик ҳосил қилиш учун қолипнинг ички ишчи юзаси махсус иссиқбардош бўёқ билан қопланди. Бунда бўёқ таркибига хром кукуни қўшилди ва унинг металл билан реакцияга киришиши ҳисобига хромланган юза ҳосил бўлиши таъминланди. 4-расмда қолипга хром кукуни асосидаги иссиқбардош бўёқ берилганида ҳосил бўладиган юза қатлам қалинлиги орасидаги боғлиқлик графиги келтирилган.



4-расм. Қолига хром кукуни асосидаги иссиқбардош бўёқ берилганида ҳосил бўладиган юза қатлам қалинлиги.

Оқ чўяндан олинган қўйма деталининг юзасида ҳосил бўлган қобиқнинг ейилишбардошлигини аниқлаш натижасида хром миқдориغا кўра оқ чўяни ейилиш даражасининг ўзгариш графиги ишлаб чиқилди. 5-расмда деталь юзасининг ейилиш қалинлигининг иссиқбардош бўёқ таркибига қўшилган хром миқдориغا боғлиқлик графиги келтирилган.

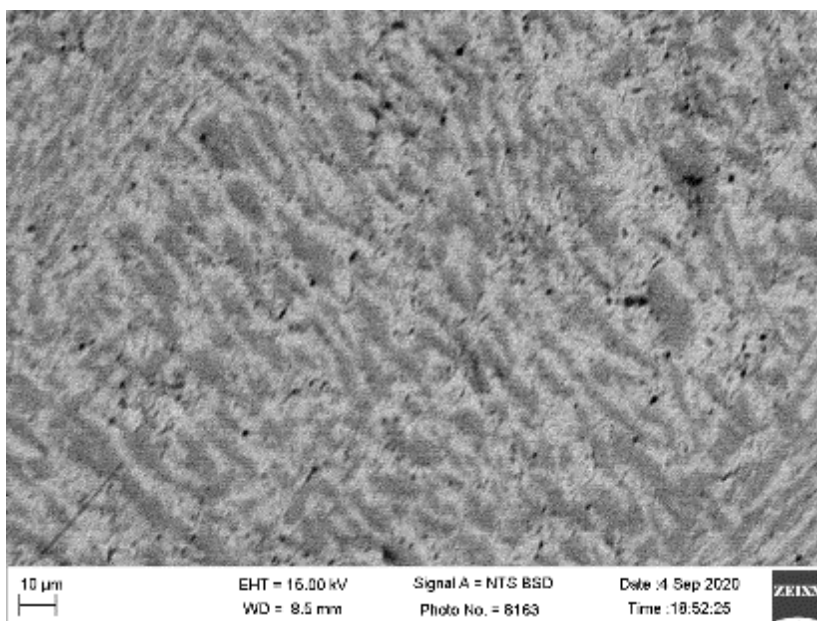


5-расм. Хром миқдориغا кўра оқ чўяни ейилиш даражасининг ўзгариш графиги.

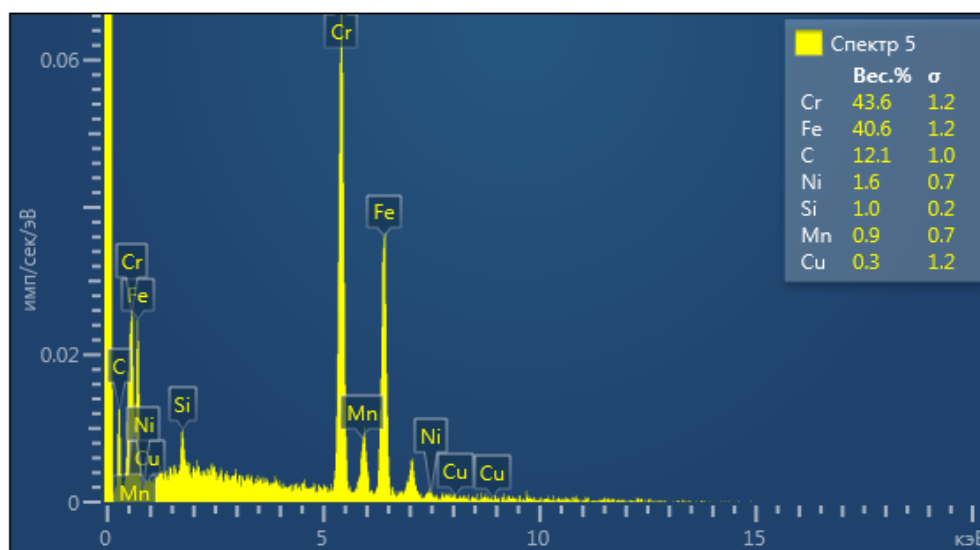
Олинган натижа ва ишлаб чиқилган графикдан кўриниб турибдики, иссиқбардош бўёқ таркибига киритилган хром кукунининг миқдориغا боғлиқ равишда ейилиш даражаси тесқари пропорционал равишда камайиб боради.

Лекин бу камайиш текис чизикли бўлмасдан, хром миқдорининг 9-11% гача ортишида ейилишбардошлик кескин ортиб, хром миқдори 11% дан ортганидан кейин меъёрлашади ва 12-15% миқдоргача хром кукунининг ортиши ейилишбардошликка сезиларли таъсир кўрсатмайди. Тадқиқот натижаларида иссиқбардош бўёқ таркибига киритиладиган хром кукунининг миқдори 9-11% бўлиши самарали экани аниқланди.

6-расмда 11 % ли хром асосидаги иссиқбардош бўёқ билан кокил ишчи юзасига ишлов берилганидаги оқ чўяннинг структураси келтирилган.

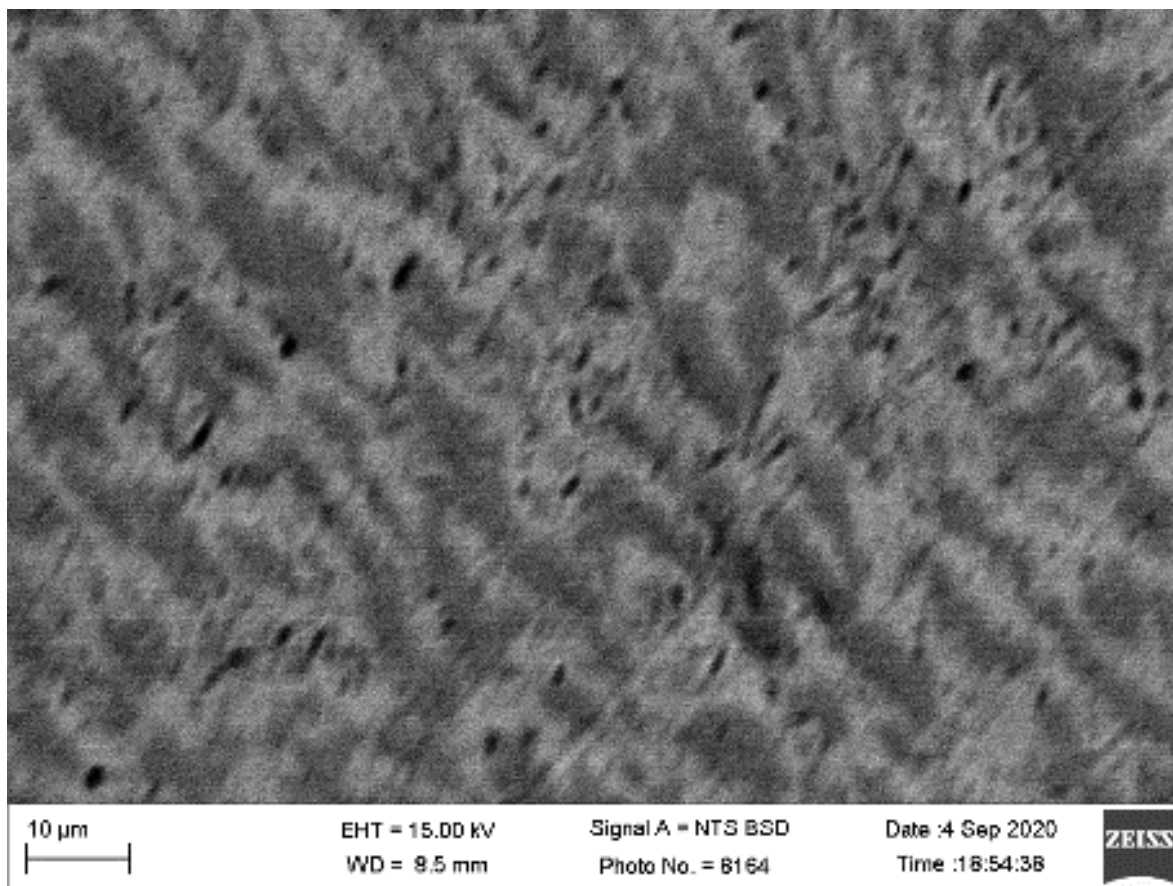


6-расм. 11 % ли хром асосидаги иссиқбардош бўёқ билан кокил ишчи юзасига ишлов берилганидаги оқ чўяннинг структураси.



7- расм. Хром асосидаги иссиқбардош бўёқ билан кокил ишчи юзасининг ишлов берилганидаги юза қатламнинг кимёвий таркиби.

8-расмда 16 % ли хром асосидаги иссиқбардош бўёқ билан кокил ишчи юзасига ишлов берилганидаги оқ чўяннинг структураси келтирилган.



8-расм. 16 % ли хром асосидаги иссиқбардош бўёқ билан кокил ишчи юзасига ишлов берилганидаги оқ чўяннинг структураси.

11 % ли ва 16% ли хром таркибли иссиқбардош бўёқлар ёрдамида олинган қуйма деталь юзаларининг структураси деярли бир хил бўлгани сабабли, таркиби 9-11% ли хром киритилган иссиқбардош бўёқдан фойдаланиш кифоя деган хулосага келиш мумкин.

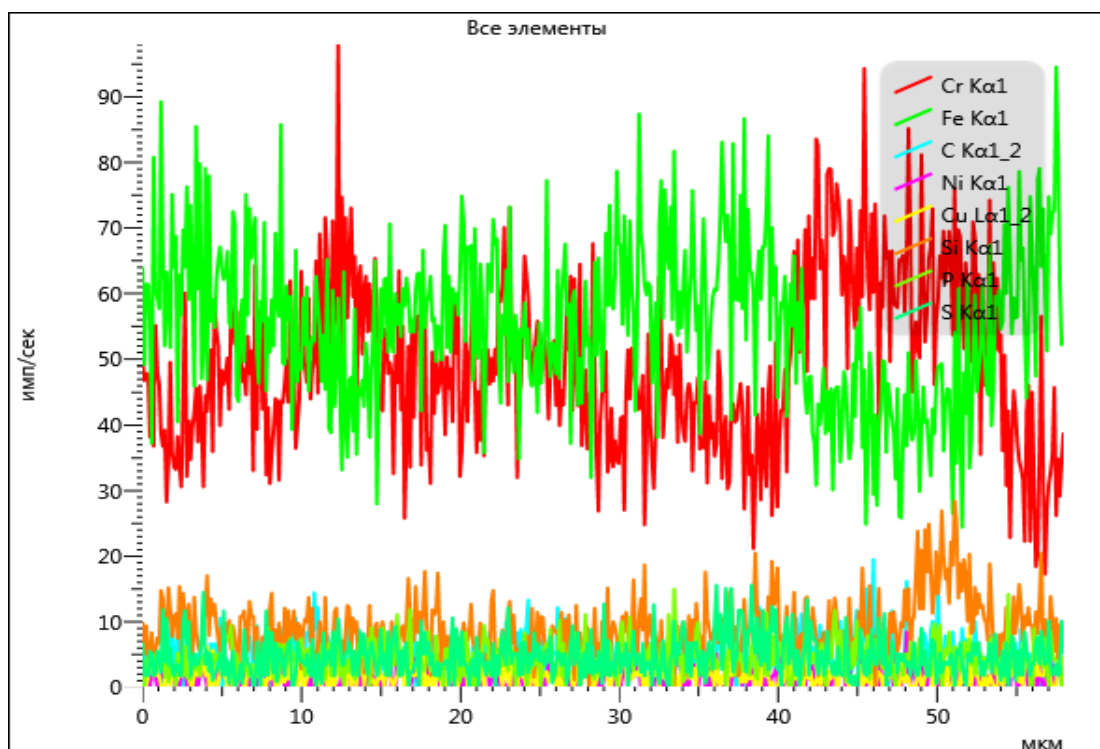
3 боб бўйича ишлаб чиқилган хулосалар.

1. Оқ чўядан олинган қуйма деталларнинг ейилишбардошлигини ошириш учун қолипнинг ишчи юзаси иссиқбардош бўёқ асосидаги 14-16 % миқдоридаги хром кукуни билан бойитилган аралашма билан ишлов бериш технологияси ишлаб чиқиш бутун ҳажм бўйича қотишмани 30-35% миқдоридаги хром билан легирлаш билан деярли бир хил ейилишбардошликка эришилади.
2. Қолип ишчи юзасига хром кукуни билан ишлов берилиши асосида юза мустаҳкамлик 18-20 % га ортишини таъминлайдиган технология ишлаб чиқилди.
3. Оқ чўядан ишлаб чиқиладиган деталларнинг юза мустаҳкамлигини ошириш учун деталнинг ишчи юзасига хром билан ишлов берилиши

оқибатида бутун ҳажмга ишлов берилганига нисбатан хромнинг сарфи 60-65 % га кам бўлишини таъминлайдиган технология ишлаб чиқилди.

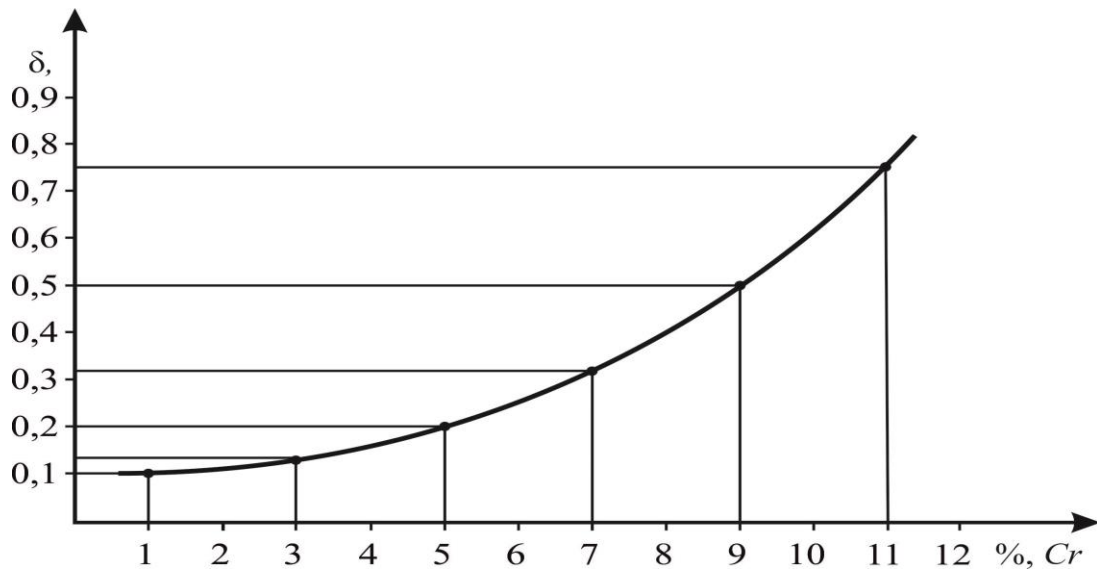
Диссертациянинг «Оқ чўянлардан қуйма усулида олинадиган машинасозлик деталларининг ейилишбардошлигини ошириш технологиясини ишлаб чиқаришга жорий қилиш ва унинг математик моделини ишлаб чиқиш» деб номланган тўртинчи бобида оқ чўядан олинадиган машинасозлик деталлари ишчи юзаларининг ейилишбардошлигини ошириш технологиясини ишлаб чиқаришга татбиқ этилганлиги ва апробациядан ўтганлиги ҳақида маълумотлар келтирилган.

“Навоий КМК” ДК нинг “Навоий машинасозлик заводи” ишлаб чиқариш корхонасига оқ чўядан олинадиган машинасозлик деталлари ишчи юзаларининг ейилишбардошлигини ошириш технологияси жорий қилинди ва деталь ишчи юзасининг ейилишбардошлигини таъминлаган ҳолда хром элементининг сарф этилиш миқдори 20-22% га қисқартирилди. Бунда қум-гилли қолип ички юзасига сепиладиган иссиқбардош бўёқ таркибига 9-11% хром қўшилиши олинаётган қуйма маҳсулотнинг ишчи юзасидаги ейилишбардошликни 30-35% хромли оқ чўянларнинг ейилишбардошлиги билан бир хил даражага эришилди. 9-расмда олинган қуйма юзасининг сканерлашдаги кўриниши келтирилган.



9-расм. Оқ чўяни бир марталик қолипга қуйишдан олдин қолип ички юзасига 9-11% хром қўшилган иссиқбардош бўёқ билан ишлов берилганда олинган деталь ишчи юзаси.

Хромланган юза қатлам қалинлигининг хром миқдorigа боғлиқ ҳолда ўзгариши математик модели



10-расм. Қолипга хром кукуни асосидаги иссиқбардош бўёк берилганида ҳосил бўладиган юза қатлам қалинлиги

Тажрибадан аниқланган маълумотлар (10-расм) асосида хромланган юза қатлам қалинлигининг хром миқдорига боғлиқ ҳолда ортиб бориши графикда тасвирланган. Ушбу маълумотлар асосида хром миқдорининг ортиши билан хромланган юза қатлам қалинлиги ўзгаришини математик моделлаштириш масаласини, яъни математик функционал боғланишни аниқлаш ёрдамида тажриба натижаларини аналитик нуқтаи назардан аниқлаб, кейинги тажрибаларни ўтказмасдан математик баҳолашни кўриб чиқамиз. Ушбу масала ҳам тажриба натижасида олинган сонли кўрсаткичлардан аналитик ифодаларга, яъни бир ўлчовли боғланиш функциясини аниқлаш масаласига келтирилади.

Расмда келтирилган графикдаги тажриба маълумотлари асосида қуйидагиларни келтириш мумкин:

$$\alpha_i = 2i - 1, (i = 1..6 \in N), [\%]; \quad (1)$$

$$\delta_1 = 0,1\text{мм}, \delta_2 = 0,14\text{мм}, \delta_3 = 0,2\text{мм}, \delta_4 = 0,32\text{мм}, \delta_5 = 0,5\text{мм}, \delta_6 = 0,75\text{мм}$$

Ушбу қийматларга мос алгебраик тенгламалар системасининг вектор формаси қуйидаги кўринишни эгаллайди:

$$\begin{bmatrix} 1 & \alpha_1 & \alpha_1^2 & \alpha_1^3 & \alpha_1^4 & \alpha_1^5 \\ 1 & \alpha_2 & \alpha_2^2 & \alpha_2^3 & \alpha_2^4 & \alpha_2^5 \\ 1 & \alpha_3 & \alpha_3^2 & \alpha_3^3 & \alpha_3^4 & \alpha_3^5 \\ 1 & \alpha_4 & \alpha_4^2 & \alpha_4^3 & \alpha_4^4 & \alpha_4^5 \\ 1 & \alpha_5 & \alpha_5^2 & \alpha_5^3 & \alpha_5^4 & \alpha_5^5 \\ 1 & \alpha_6 & \alpha_6^2 & \alpha_6^3 & \alpha_6^4 & \alpha_6^5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \\ \delta_5 \\ \delta_6 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Ушбу системани ошкор кўринишда ёзсак, қуйидаги системага эга бўламиз:

$$\begin{cases} a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 = 0,1 \\ a_1 + 3a_2 + 3^2a_3 + 3^3a_4 + 3^4a_5 + 3^5a_6 = 0,14 \\ a_1 + 5a_2 + 5^2a_3 + 5^3a_4 + 5^4a_5 + 5^5a_6 = 0,2 \\ a_1 + 7a_2 + 7^2a_3 + 7^3a_4 + 7^4a_5 + 7^5a_6 = 0,32 \\ a_1 + 9a_2 + 9^2a_3 + 9^3a_4 + 9^4a_5 + 9^5a_6 = 0,5 \\ a_1 + 11a_2 + 11^2a_3 + 11^3a_4 + 11^4a_5 + 11^5a_6 = 0,75 \end{cases} \quad (3)$$

Ушбу бир жинсли бўлмаган алгебраик тенгламалар системасини тескари матрица усулида *Maple 13* дастурий пакети ёрдамида ечсак, тенгламанинг ушбу илдиэларига эга бўламиз:

$$\begin{aligned} a_1 &= 0,0517578125, a_2 = 0,0694921875, a_3 = -0,026328125, \\ a_4 &= -0,005494791667, a_5 = -0,0004296875, a_6 = 0,000013021 \end{aligned} \quad (4)$$

Хром миқдорининг ортиши билан хромланган юза қатлам қалинлиги ўзгаришини характерлайдиган функция қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\begin{aligned} \delta(\alpha) &= 0,000013021\alpha^5 - 0,0004296875\alpha^4 + 0,005494791667\alpha^3 - \\ &- 0,026328125\alpha^2 + 0,0694921875\alpha + 0,0517578125 \end{aligned} \quad (5)$$

Ушбу (5) ифода ёрдамида хром миқдори α (%) нинг ортиши билан хромланган юза қатлам қалинлиги δ (мм) ни ўзгаришини бир қийматли аниқлаш имконига эга бўламиз.

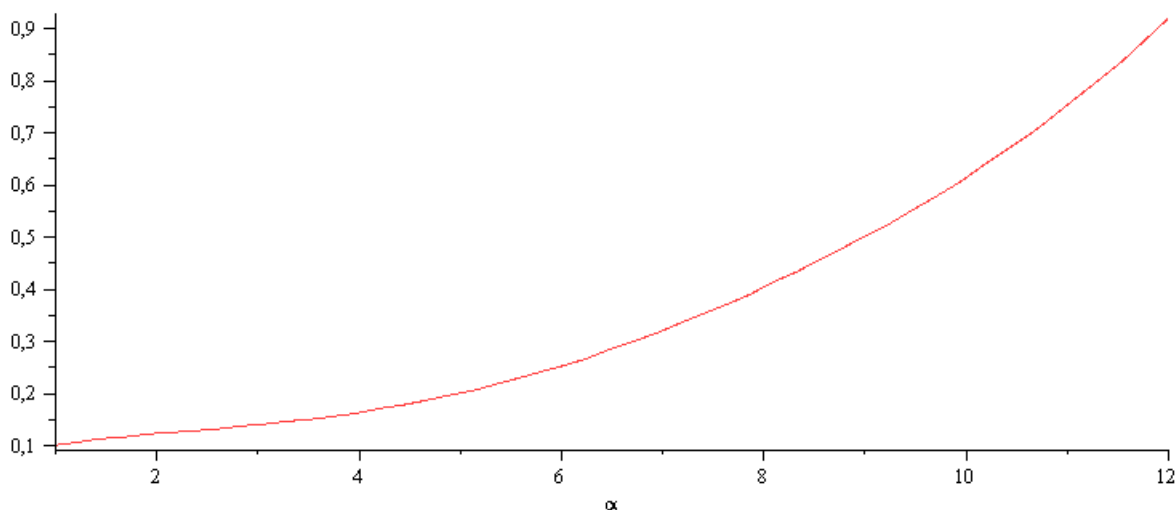
(5) функциянинг аниқлик даражасини етарлича катталигини кўрсатиш мақсадида ҳисоблашларни *Maple 13* дастуридан фойдаланган ҳолда келтирамиз:

```
> restart;
> solve({a[1]+a[2]+a[3]+a[4]+a[5]+a[6]=0.1,
a[1]+3*a[2]+9*a[3]+27*a[4]+81*a[5]+243*a[6]=0.14,a[1]+5*a[2]+25*a[3]+125
*a[4]+625*a[5]+5^5*a[6]=0.2,a[1]+7*a[2]+49*a[3]+7^3*a[4]+7^4*a[5]+7^5*a
[6]=0.32,a[1]+9*a[2]+81*a[3]+729*a[4]+9^4*a[5]+9^5*a[6]=0.5,a[1]+11*a[2]+
11^2*a[3]+11^3*a[4]+11^4*a[5]+11^5*a[6]=0.75},{a[1],a[2],a[3],a[4],a[5],a[6]
});
```

$$\begin{aligned} &[[a_1 = 0.05175781250, a_2 = 0.06949218750, a_3 = \\ &-0.02632812500, a_4 = 0.005494791667, a_5 = \\ &-0.0004296875000, a_6 = 0.00001302083333]] \end{aligned}$$

> delta:=0.00001302083333*alpha^5-0.4296875000e-3*alpha^4+0.005494791667*alpha^3-0.2632812500e-1*alpha^2+0.06949218750*alpha+0.5175781250e-1;

$$\delta := 0.00001302083333 \alpha^5 - 0.0004296875000 \alpha^4 + 0.005494791667 \alpha^3 - 0.02632812500 \alpha^2 + 0.06949218750 \alpha + 0.05175781250$$



11-расм. Моделлаштириш асосида хром миқдори α (%) нинг ортиши билан хромланган юза қатлам қалинлиги δ (мм) нинг ўзгариши графиги

Келтирилган *Maple 13* дастури ёрдамида олинган сонли кўрсаткичлардан айтиш мумкинки, ҳисоблашлар 10^{-10} аниқлигида бажарилган.

Таъкидлаш лозимки, ҳосил қилинган (5) ифода ёрдамида хром миқдори α (%) нинг ортиши билан хромланган юза қатлам қалинлиги δ (мм) ни ўзгаришини бир қийматли аниқлаш билан биргаликда ушбу функция дастлабки тажриба натижаларига асосланган ҳолда, кейинги натижаларни тажриба ўтказмасдан аниқлаш имконини беради. Масалан, **eval(delta,alpha=8);**

0.4026953135

eval(delta,alpha=10);

0.6138671875

хром миқдори 8 % га етганда хромланган юза қатлам қалинлиги δ (мм) ни 0,4027 мм га етганининг, шунингдек, хром миқдори 10 % га етганда хромланган юза қатлам қалинлиги δ (мм) ни 0,6139 мм га етганини кўриш мумкин.

Ишлаб чиқариш шароитида турли ҳажм ва ҳароратга мос равишда

иссиқбардош бўёқни қўллаш учун жараённинг математик модели ишлаб чиқилди. Математик моделни тузишда Лагранжнинг интерполяцион кўпҳадини тузиб чиқамиз. Яъни масала алгебраик тенгламалар системасига келтирилиб, номаълум коэффициентларни аниқлаш билан самарадорлик функциясини кўпхад шаклида ифодалаш билан кечади.

$$\begin{bmatrix} 1 & x_0 & x_0^2 & \dots & x_0^n \\ 1 & x_1 & x_1^2 & \dots & x_1^n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_n & x_n^2 & \dots & x_n^n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_0 \\ y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

тенгламада $n=3$ бўлиб, вектор тенглама

$$\begin{bmatrix} 1 & T_1 & T_1^2 \\ 1 & T_2 & T_2^2 \\ 1 & T_3 & T_3^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{bmatrix} \quad (7)$$

бўлиб, бунда $n=3, T_1=1000, T_2=1100, T_3=1200;$ эканидан (1) алгебраик $\lambda_1=32,6, \lambda_2=35,8, \lambda_3=38,5.$

тенгламалар системаси қуйидагича бўлади:

$$\begin{cases} a_1 + 1000a_2 + 1000^2 a_3 = 32,6 \\ a_1 + 1100a_2 + 1100^2 a_3 = 35,8. \\ a_1 + 1200a_2 + 1200^2 a_3 = 38,5 \end{cases} \quad (8)$$

Бу системани ечсак, $a_1 = -26,9, a_2 = 0,0845, a_3 = -0,000025$ бўлиб, қуйилаётган қотишма ҳароратига кўра бўёқ таркибидаги хром миқдорини ва унинг кукуни дисперслигини характерлайдиган функция қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\lambda(T) = -26,9 + 0,0845T - 0,000025T^2. \quad (9)$$

(4) функция 100 гр иссиқбардош бўёқ таркибидаги хромнинг миқдори 9-11 гр бўлганда бўёқ ҳароратининг ортиши билан бўёқдаги хром кукунининг қотишма таркибига сингиш самарадорлигини тўлиқ аниқлаб беради. Худди шунингдек, бўёқ таркибидаги хромнинг миқдори 12-16 гр бўлганда, алгебраик тенгламалар системаси

$$\begin{cases} a_1 + 1000a_2 + 1000^2a_3 = 33,6 \\ a_1 + 1100a_2 + 1100^2a_3 = 36,4 \\ a_1 + 1200a_2 + 1200^2a_3 = 40,6 \end{cases} \quad (10)$$

бўлиб, ушбу системани ечсак, $a_1 = 82,6$, $a_2 = -0,119$, $a_3 = 0,00007$ бўлиб, қуйилаётган қотишма ҳароратига кўра бўёқ таркибидаги хром миқдорини ва унинг кукуни дисперслигини характерлайдиган функция қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\lambda(T) = 82,6 - 0,119T + 0,00007T^2. \quad (11)$$

ХУЛОСА

«Оқ чўянлардан қуйма усулда олинадиган машинасозлик деталларининг ейилишбардошлигини ошириш технологиясини ишлаб чиқиш» мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Оқ чўянларда хром миқдорини оширмаган ҳолда улардаги карбидларнинг ейилиш юзасига нисбатан перпендикуляр жойлашишини таъминлайдиган технологияни ишлаб чиқиш катта иқтисодий самара беради.

2. Оқ чўяндан олинган қуйма деталларнинг ейилишбардошлигини ошириш учун қолипнинг ишчи юзаси иссиқбардош бўёқ асосидаги 14-16 % миқдоридаги хром кукуни билан бойитилган аралашма билан ишлов бериш технологияси ишлаб чиқиш бутун ҳажм бўйича қотишмани 30-35% миқдоридаги хром билан легирлаш билан деярли бир хил ейилишбардошликка эришилди. Бу ейилишбардош оқ чўянлардан қуйма маҳсулотлар ишлаб чиқишда хром элементини тежаш учун хизмат қилади.

3. Қолип ишчи юзасига хром кукуни билан ишлов берилиши асосида юза мустаҳкамлик 18-20 % га ортишини таъминлайдиган технология ишлаб чиқилди. Бу қуйма маҳсулотларни олишда энергия ва ресурс тежамкорлигини таъминлаш учун хизмат қилади.

4. Оқ чўяндан ишлаб чиқиладиган деталларнинг юза мустаҳкамлигини ошириш учун деталнинг ишчи юзасига хром билан ишлов берилиши оқибатида бутун ҳажмга ишлов берилганига нисбатан хромнинг сарфи 60-65 % га кам бўлишини таъминлайдиган технология ишлаб чиқилди. Бу қуйма маҳсулотларнинг ейилишбардошлигини ошириш учун хизмат қилади.

5. Оқ чўянлардан ейилишбардош қуйма маҳсулотлар олишда хром миқдори билан унинг дисперслигини оптималлаш имконини берадиган математик модель ишлаб чиқилди. Олинган натижалар ишлаб чиқариш корхоналарида иш унумининг ортиши, ресурс ва энергия тежамкорлигини таъминлаш, атроф-муҳит экологиясини яхшилаш учун хизмат қилади.

6. Оқ чўяндан ишлаб чиқиладиган деталларнинг юза мустаҳкамлигини ошириш учун кокилнинг ишчи юзасига хромли иссиқбардош бўёқ билан ишлов берилиш технологиясининг қўлланилиши натижасида “Навоий КМК” ДК қошидаги “Навоий машинасозлик заводи” ишлаб чиқариш корхонасида йилига 100 млн сўмлик иқтисодий самара кўрилди.

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

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ОДИЛОВ ФУРКАТ УМАРБЕКОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ БЕЛОГО ЧУГУНА,
ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ**

**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 – 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером В2020.4.PhD/Г724

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 «Ziynet» по адресу (www.ziynet.uz).

Научный руководитель: Атажанов Гапур Латибович
кандидат технических наук, доцент

Официальные оппоненты: Норхуджаев Файзулла Рамазанович
доктор технических наук, профессор
Худояров Сулейман Рашидович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: Ферганский политехнический институт

Защита диссертации состоится «22» декабрь 2021 г. в 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc. 03/30.12.2019.T.03 04 при Ташкентском государственном техническом университете и Национальном университете Узбекистана. (Адрес: 100095, г. Ташкент, Алмазарский район, ул. Университетская, 2. Тел./факс:(99871) 227-10-32, e-mail: (tadqiqotchi@tdtu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрирована за № 233) (Адрес: 100095, г. Ташкент, Алмазарский район, ул. Университетская, 2. Тел./факс: (99871) 227-10-32).

Автореферат диссертации разослан «09» декабрь 2021 года.
(реестр протокол рассылки № 131 от «09» декабрь 2021 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 философии по техническим наукам

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мировой металлургической промышленности, особое внимание уделяется комплексному получению износостойких машиностроительных деталей из дешевого и удобного белого чугуна. Наряду с этим, обеспечение ресурсосбережения при изготовлении машиностроительных деталей методом литья, снижение расхода дорогостоящего модификатора при обработке жидкого расплава, применение эффективной технологии при получении износостойкой структуры является одной из важнейших задач. В этой связи, в научных центрах таких развитых странах как США, Германия, Италия, Испания, Россия, Китай и др. уделяется особое внимание получению качественной структуры при изготовлении износостойких машиностроительных деталей из белого чугуна.

В мире широко проводятся научно-исследовательские работы по разработке технологии улучшения качества структуры сплава при получении машиностроительных деталей методом литья. В данном направлении, в частности в применении метода ввода в состав белого чугуна элементов хрома в качестве модификатора, обеспечении равномерного становления структуры с помощью различных модификаторов, управление направленностью роста карбидов в образующейся структуре и разработка режимов термической обработки имеет важное значение. В том числе, разработка ресурсо- и энергосберегающей технологии при образовании износостойкой поверхности, является важной задачей.

В республике осуществляются мероприятия по комплексному использованию минеральных ресурсов, комплексной переработке производственных шлаков. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах определены задачи, включающие «...укрепление макроэкономической стабильности и сохранение высоких темпов роста экономики, повышение ее конкурентоспособности,... сокращение энергоемкости и ресурсоемкости экономики, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий». Выполнение данных задач, в частности внедрение в практику эффективного использования существующих ресурсов, внедрение в производство малозатратных технологий при изготовлении машиностроительных деталей из белого чугуна, а также разработка технологии, обеспечивающей получения износостойкой структуры при изготовлении машиностроительных деталей из белого чугуна является одной из важных задач.

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

продукции, комплектующих изделий и материалов на 2017-2019 годы»¹, № ПП-3117 от 7 июля 2017 года «О мерах по дальнейшему развитию научно-технической базы в сфере сельскохозяйственного машиностроения», № ПП-3682 от 27 апреля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

Степень изученности проблемы. Учёными многих стран мира выполнено много исследований по разработке эффективной технологии для изготовления износостойкой машиностроительной детали из белого чугуна.

Ведущие ученые мира, в частности исследователь центра научных исследований рудоуправления Олбани Джордж Лэрд и главный научный исследователь организации научных исследований содружества южной Австралии в Вудвилле (CSIRO) Грэм Л.Ф. Пауэлл проводили исследования по легированию белого чугуна кремнием. В результате исследований был разработан механизм увеличения количества эвтектических карбидов в белом чугуне при легировании кремнием и разработан механизм повышения износостойкости. Ученые Американского университета науки и технологий Миссури, Западного университета Джорджия и Иллинойс Caterpillar Inc. установили, что присутствие графита в белом чугуне способствует повышению его износостойкости на 4-6%. Ученые Итальянских научно-исследовательских институтов Via Branze (DIMI), Dragflow SRL, Via Paesa Марчелло Гелфи, Пола Лука, Marianovella Masotti и Giovina Марина La Vecchia разработан механизм эррозионностойкости белого чугуна при обработке высокохромистого белого чугуна при температуре 1160 °С.

Члены группы материаловедения Испанского университета Алехандро Гонсалес-Посиньо, Флорентино Альварес-Антолин и Хуан Асенцио-Лозанолар определили механизм турбильной нестабильности термической обработки легированных белых чугунов хромовым молибденом при повышении износостойкости. При этом определены как повышения твердости до 993 НВ при закалке в течение 12 часов в среде масла, а при охлаждении образцов на воздухе этот показатель не превышает 661 НВ. Исследователи Китайского института Цзинань и института функционально передовых износостойких и коррозионностойких материалов Чжэн Jiandong Син, Вэй Ли Xiaohui и Ту Yongxin Jian определили, что в результате добавления в состав белого чугуна хрома, его вязкость увеличивается на 172-174% , увеличивается износостойкость, а синергетический эффект цемента

¹ №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

снижается. При этом определена зависимость повышения износостойкости на 15-16% с повышением нагрузки на образец.

Ученый стран СНГ О.Н.Доронин разработал концентрацию зависимости при высоких температурах чугуна с материалом электрода и титаном карбида. При этом наблюдалось равномерное снижение концентрации при повышении энергии свыше 0,4 Дж и полное ее исчезновение при достижении 3,0 Дж. В результате появилась возможность определения граничных значений для выбора энергетических режимов. А.И.Орехова, Л.Я.Козлов и Е.В.Рожкова по результатам исследований разработали технологию получения эвтектику хром-карбида в чугунах с 3-5% ным содержанием хрома на основании первичного управления первичной структурой. В результате появилась возможность повышения прочности чугуна на 15-20%. Разработана технология получения мелкозернистой структуры первичных и эвтектических карбидов в белых чугунах с 18-19 % ным содержанием хрома.

Над повышением износостойкости белых чугунов и повышению срока службы деталей ведут исследовательские работы также в Узбекистане. Ученые Узбекистана Н.Д.Тураходжаев, Ю.Н.Мансуров, Н.М.Саидмахаматов, З.М.Бободустов, У.Ж.Рахимовлар разработали технологию заливки в форму белого чугуна для получения износостойкой поверхности посредством обработки хромом. В результате прочность поверхности отливок получаемых в разовых формах повысилась на 12-14%.

Не смотря на множество имеющихся научных достижений в области повышения поверхностной твердости и износостойкости литых изделий из белого чугуна, имеются много проблем не нашедших своего решения. В частности не разработана технология, обеспечивающая перпендикулярного размещения карбидов к изнашиваемой поверхности, которое сильно влияет на износостойкость белого чугуна. Для определения решения проблем, приведённых выше и разработке технологии обеспечивающей перпендикулярное размещение карбидов к изнашиваемой поверхности не повышения содержания хрома в белом чугуне, необходимо проведение ряд исследований.

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

Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планами научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета в рамках хозяйственного договора №2/2020 «Повышение износостойкости износостойкого белого чугуна марки 300X32H2M2TL за счет размещения карбидов перпендикулярно к изнашиваемой поверхности» (2020 й.).

Цель исследования является разработка технологии повышения износостойкости машиностроительных деталей, получаемых из белого чугуна методом литья.

Задачи исследования:

анализ свойств белого чугуна и области применения;
анализ исследовательских работ проводимых для получения износостойкой поверхности;

разработка состава шихты для производства белого чугуна с износостойкостью;

разработка технологии получения износостойкой поверхности машиностроительных деталей, получаемых из белого чугуна при заливке в разовые формы;

разработка эффективной технологии ввода в расплав элемента хрома при заливке белого чугуна в форму;

разработка технологии получения износостойкой поверхности при кристаллизации белого чугуна в форме.

Объект исследования. Объектом исследования диссертационной работы является белый чугун марки 300X32H2M2ГЛ производимый на НМЗ при ГП “Навоийский ГМК”.

Предмет исследования. Предметом исследования является технология, обеспечивающая ввода на поверхность машиностроительной детали элемента хрома при заливке в литейную форму.

Методы исследования. В основу диссертационной работы положены современные теоретические и экспериментальные методы исследований технологии роста карбидов при заливке белого чугуна 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:

разработана технология внепечной обработки белого чугуна на основании закономерности диффузии неметаллических включений в составе металла, обеспечивающей снижение неметаллических включений в расплаве;

на основе теплофизических свойств металла разработана технология направленной кристаллизации белого чугуна при заливке в форму и при охлаждении в форме;

на основе градиента температуры, происходящих при теплообмене в расплаве в форме разработана технология, обеспечивающая направленную кристаллизацию белого чугуна в форме;

на основе теплофизических свойств материала кокиля разработана технология снижения расхода хрома при сохранении износостойкости белого чугуна;

разработана математическая модель теплообменного процесса ввода хрома в белый чугун при заливке в литейную форму, обеспечивающей износостойкость получаемой отливки.

Практические результаты исследования:

разработана технология, обеспечивающая ресурсосбережение при

плавке белого чугуна;

разработана технология внепечной обработки при производстве белого чугуна, обеспечивающей повышение износостойкости деталей;

разработана технология, обеспечивающая направленную кристаллизацию в форме, позволяющей повысить износостойкость деталей получаемых из белого чугуна.

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

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в разработке ресурсосберегающей технологии при плавке и заливке в кокиль легированного белого чугуна в индукционной печи ИЧТ 2,5.

Практическая значимость результатов исследования определяется разработкой технологии обеспечивающей снижение себестоимости продукции на 16-18%.

Внедрение результатов исследования.

На основании полученных результатов по разработке технологии достигнуто следующее:

Внедрение результатов исследования.

На основании полученных результатов по разработке технологии повышения износостойкости машиностроительных деталей методом литья из белого чугуна достигнуто следующее:

технология внепечной обработки белого чугуна для снижения неметаллических включений внедрена на “Навоийский машиностроительный завод” при ГП “Навоийский ГМК” (справка №02-06-04-13690 «Навоийский ГМК» от 25 декабря 2020 года). В результате твердость деталей повысилась на 15-18%;

технология обеспечивающая направленную кристаллизацию белого чугуна в литейной форме внедрена на “Навоийский машиностроительный завод” при ГП “Навоийский ГМК” (справка №02-06-04-13690 «Навоийский ГМК» от 25 декабря 2020 года). В результате срок службы деталей повысилась на 10-12%;

технология обеспечивающая расположение карбидов перпендикулярно изнашиваемой поверхности при получении белого чугуна внедрена на “Навоийский машиностроительный завод” при ГП “Навоийский ГМК” (справка №02-06-04-13690 «Навоийский ГМК» от 25 декабря 2020 года). В результате срок службы литых деталей повысилась на 18-20%.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и получили одобрение на 15 конференциях, в том числе 14 международных и 1 республиканской научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликованы 26 научных работ. Из них 11 статьи в республиканских журналах,

рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов, в том числе 8 статей 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 **«Современное состояние и перспективы разработки технологии повышения машиностроительных деталей из белого чугуна»** проведен обзор работ, посвященных исследованиям существующим технологиям получения машиностроительных деталей из белого чугуна, методов легирования состава белого чугуна, современного состояния повышения износостойкости рабочей поверхности деталей получаемых из белого чугуна.

Были проанализированы и изучены проведенные научные исследования зарубежных и республиканских ученых по повышению прочности и износостойкости, твердости деталей получаемых из белого чугуна.

Приведенные технологии в данной диссертации, то есть повышение износостойкости за счет обогащения белого чугуна большим количеством хрома, легирование машиностроительных деталей из белого чугуна дополнительными элементами, повышение твердости поверхности деталей на основе термической обработки, обеспечение износостойкости машиностроительных деталей из белого чугуна непосредственно при получении методом литья и образование поверхностной твердости на основании снижения расхода хрома были недостаточно изучены.

Выводы по 1-ой главе.

Несмотря на многочисленные достижения в области получения твердости и износостойкости на поверхности литых изделий из белого чугуна, есть немало нерешенных проблем. В частности, не разработана технология, обеспечивающая перпендикулярное размещение карбидов к изнашиваемой поверхности, которая сильно влияет на износостойкость. Для решения этих проблем необходимо провести исследования по разработке технологии,

обеспечивающей расположение карбидов перпендикулярно к изнашиваемой поверхности.

Вторая глава диссертации **«Выбор объекта исследования и разработка метода исследования структуры белого чугуна»** приведены выбор объекта исследования, основные физические и химические свойства, используемых материалов, а также представлены сведения по использованию современных физико-механических, химических и физико-химических методов и аппаратуры для исследования свойств материалов (ИК-спектроскопия, электронная микроскопия, гранулометрический анализ).

В качестве объекта исследований были выбраны белые чугуны, получаемые на “Навоий машиностроительный завод” при ГП «Навоийский ГМК». Проведены фазовые индентификации и одно или многообзорные изображения и определение поверхностных свойств на сканирующем электронном микроскопе СЭМ-Zeiss EVO MA 10 (Carl Zeiss) и определение поверхностных свойств на сканирующем электронном микроскопе (Empyrean Malvern Panalytical). Для определения механических свойств сплава применялась автотехническая машина “Р-50 М”.

Твердость полученных образцов и твердость сплавов определялись на приборе на приборе (Dura Vision-20).

Выводы по 2-ой главе.

1. Были выбраны для проведения фазовых индентификаций и получения одно или многообзорных изображений и для определения поверхностных свойств - сканирующий электронный микроскоп СЭМ-Zeiss EVO MA 10 (Carl Zeiss) и для определения поверхностных свойств - сканирующий электронный микроскоп (Empyrean Malvern Panalytical).

2. Для определения твердости полученных образцов и твердости сплавов выбран прибор (Dura Vision-20).

3. Для определения твердости деталей из белого чугуна выбран метод по устройству “Р-50 М”.

Третья глава диссертации **«Разработка технологии повышения износостойкости белого чугуна»** посвящена определению динамики повышения твердости и износостойкости белого чугуна при легировании различным количеством хрома, при внепечной обработке белого чугуна и обеспечение расположения карбидов перпендикулярно изнашиваемой поверхности при кристаллизации в форме.

Результаты исследования белого чугуна получаемого на предприятии НМЗ при ГП “Навоийский ГМК” проводили на сканирующем электронном микроскопе СЭМ Zeiss EVO MA 10 приведены на рисунке 2. При этом среднее значение хрома, как легирующий элемент, составил 37%. Анализ структуры белого чугуна предприятия НМЗ при ГП “Навоийский ГМК” показал мелкозернистую структуру и малое количество неметаллических включений (рисунок 2).

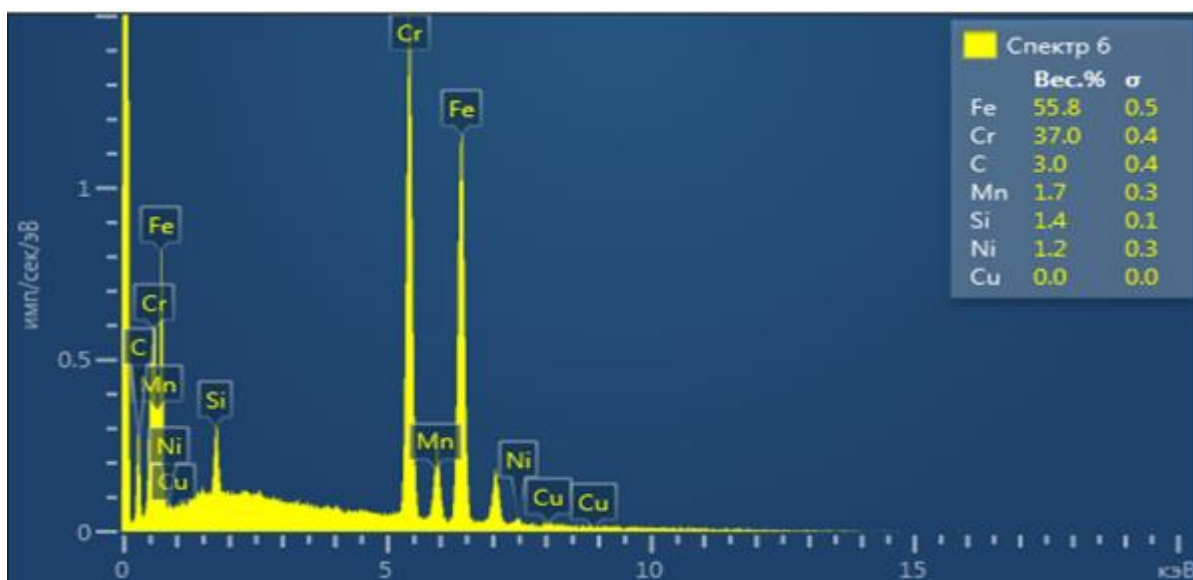


Рис. 1. Итоги анализа элементов в сканирующем электронном микроскопе.

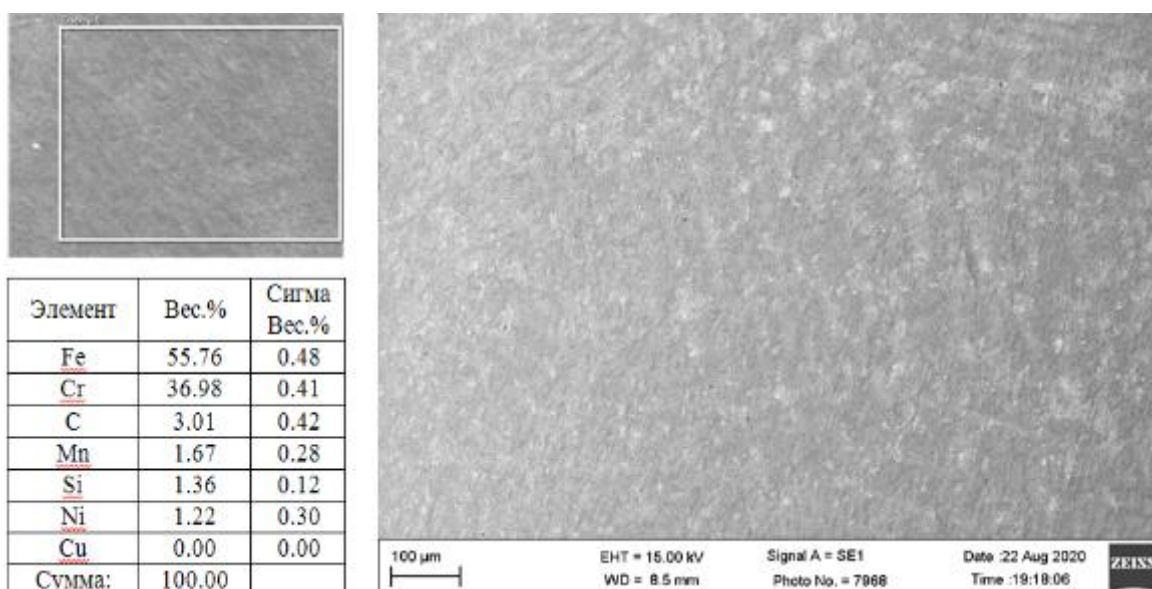


Рис. 2. Анализ структуры белого чугуна обработанного хромом.

Для получения такой структуры в условиях производства в состав белого чугуна или в печь или в ковш добавляют 32-38% хрома. Это в свою очередь приводит к заметному повышению затрат и отрицательно сказывается на себестоимости продукции. Для обеспечения требуемой твердости и износостойкости в лабораторных условиях Ташкентского государственного технического университета проведены исследовательские работы. При этом хром в пределах интервала 1-15% добавляли не в печь, а в ковш или непосредственно в кокиль, где образуется структура литой детали. Применяли различные виды обработки для придания сплаву необходимых механических свойств. В частности для определения влияния содержания хрома в составе белого чугуна на износостойкость детали по всему объему, вначале добавляли куски диаметром 6-12 мм в количестве от 1 % до 15 %, а затем добавляли хром в порошкообразном виде.

На рисунке 3 приведены результаты исследований добавления хрома в ковш и кокиль для определения степени воздействия хрома на износостойкость белого чугуна.



Рис. 3. График зависимости добавления хрома в ковш и кокиль для на степень воздействия хрома на износостойкость белого чугуна.

Как видно из результатов исследований, при вводе хрома в ковш износостойкость повышается больше. Это видимо связано с лучшим растворением хрома в ковше и равномерным его распределением по всему объему. Скорее всего в кокиле куски хрома внутри кокиля не имеют возможности расплавиться и равномерно распределиться по всему объему. На следующем этапе исследований были запланированы мероприятия по введению хрома в порошкообразном виде. При этом для предотвращения угара порошкообразного хрома, был применен метод ввода порошка в состав противопопригарной краски. Для этого на внутреннюю рабочую поверхность кокиля была нанесена специальной противопопригарной краской, которая образует на поверхности металла твердой корки в процессе заливки белого чугуна в форму. При этом в состав противопопригарной краски добавляли порошкообразный хром, который обеспечил образование хромовой поверхности в результате реакции с металлом. На рисунке 4 приведен график зависимости толщины хромированного слоя в зависимости от содержания хрома в противопопригарной краске.

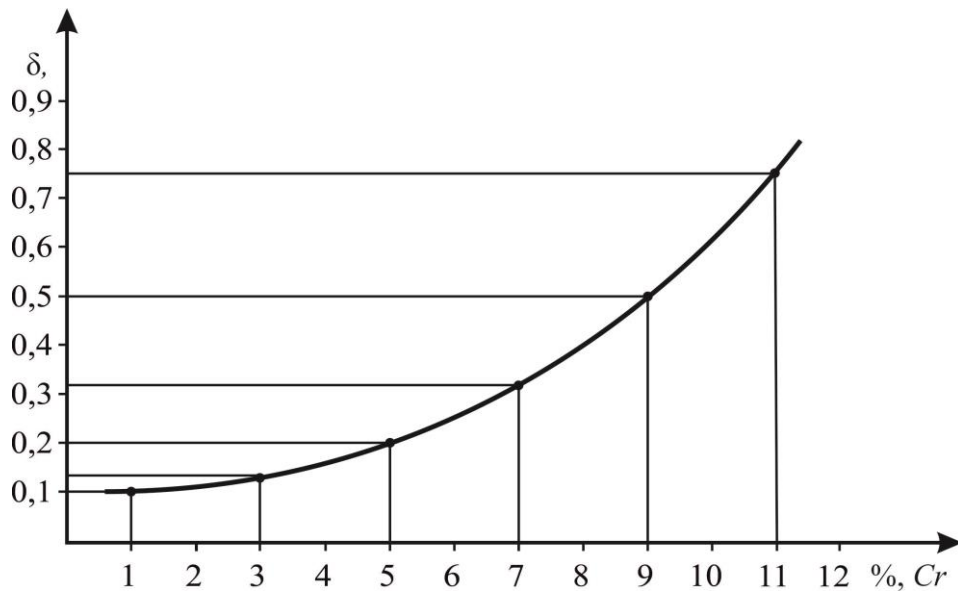


Рис. 4. График зависимости толщины хромированного слоя в зависимости от содержания хрома в противопригарной краске.

По результатам исследований по определению износостойкости образовавшейся корки на поверхности литой детали из белого чугуна, был разработан график зависимости степень изнашиваемости белого чугуна от количества хрома. На рисунке 5 приведен график зависимости толщины износостойкой поверхности детали от количества хрома в противопригарной краске.

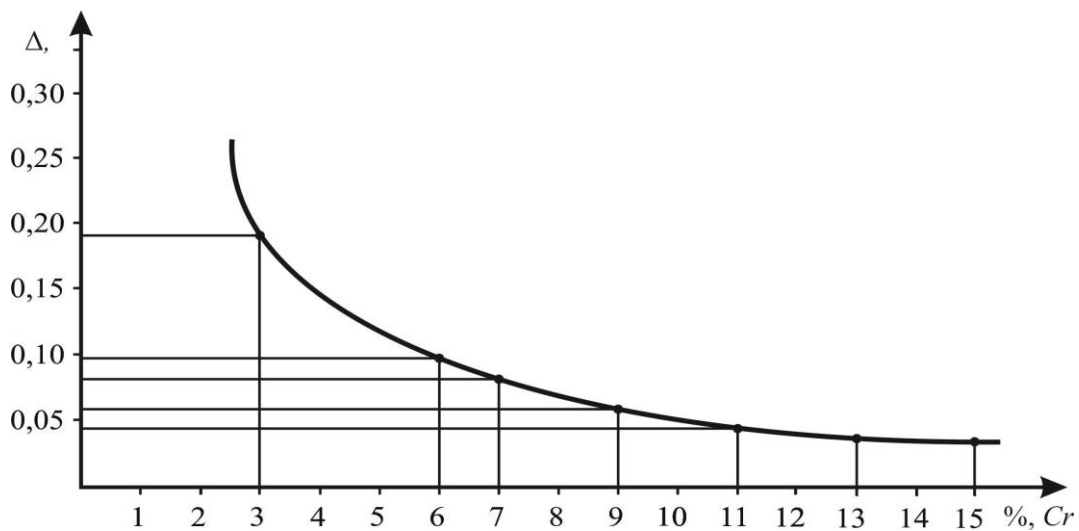


Рис. 5. График зависимости толщины износостойкой поверхности детали от количества хрома в противопригарной краске.

По приведенным результатам и разработанному графику видно, что степень износа снижается обратно пропорционально в зависимости от количества порошкообразного хрома в состав противопригарной краски. Однако, это снижение носит нелинейный характер, с повышением хрома до

9-11 % износостойкость резко возрастает, при повышении хрома свыше 11 % выравнивается и повышение количества порошкообразного хрома до 12-15% незаметно влияет на износостойкость. В процессе исследований выявлено, что эффективным является содержание порошкообразного хрома в составе противопригарной краске является количество 9-11%.

На рисунке 6 приведена структура белого чугуна при обработке рабочей поверхности кокиля 11 % ным содержанием хрома.

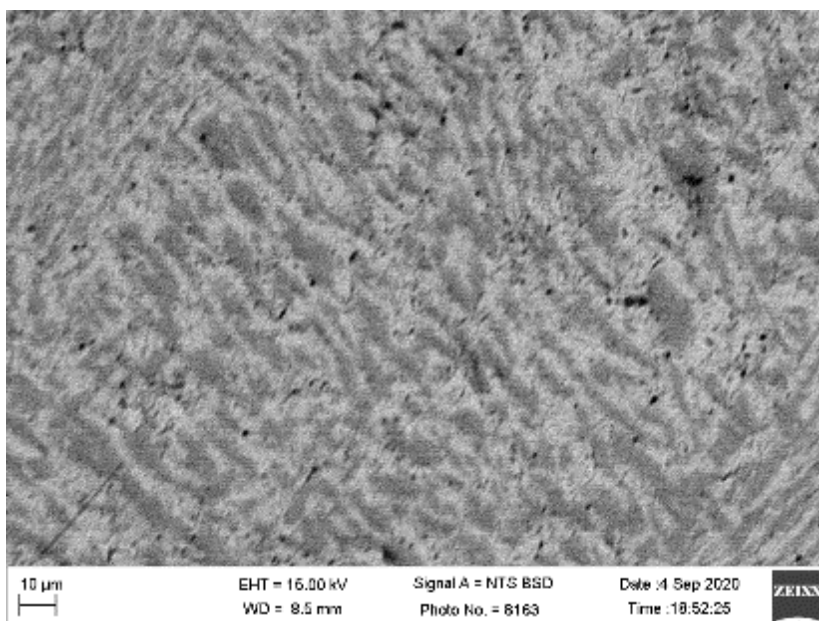


Рис. 6. Структура белого чугуна при обработке рабочей поверхности кокиля 11 % ным содержанием хрома.

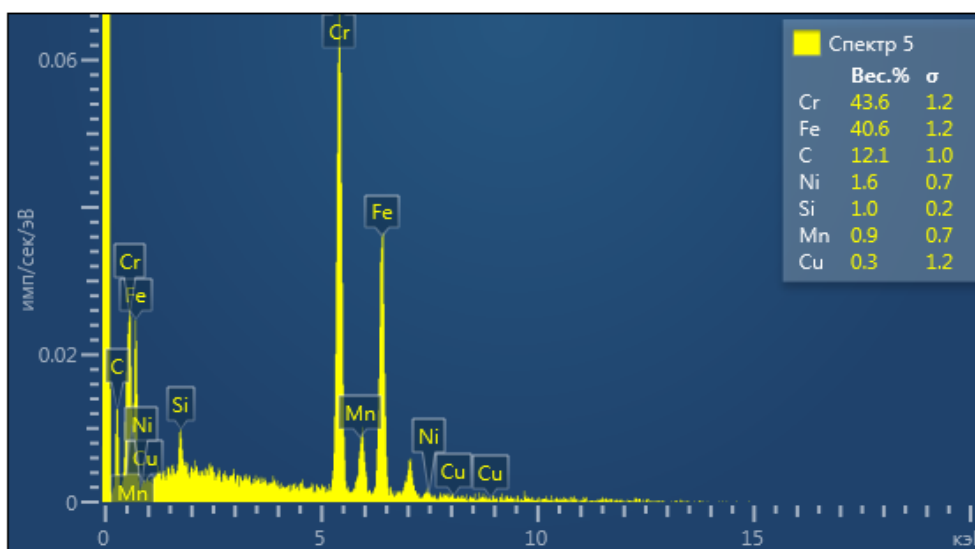


Рис. 7. Химический состав поверхностного слоя получаемым при обработке противопригарной краской с содержанием 11 % хрома.

На рисунке 8 приведена структура белого чугуна после обработки рабочей поверхности кокиля 16 % хромом.

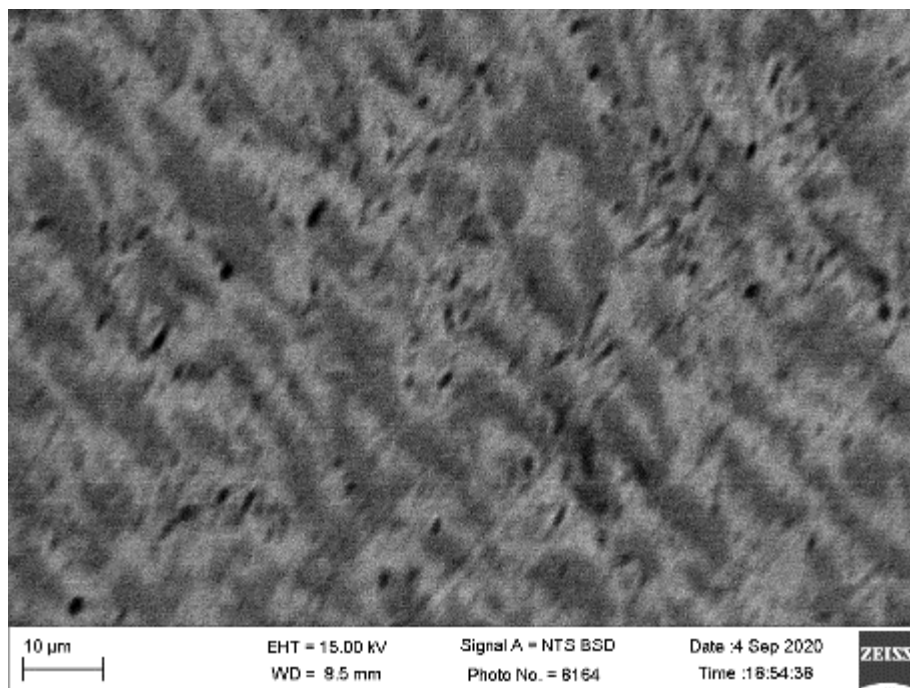


Рис. 8. Структура белого чугуна после обработки рабочей поверхности кокиля 16 % хромом.

Учитывая, что структура поверхности литых деталей с 11 % ным и 16% ным хромным противопопригарной краской оказались идентичными, поэтому 9-11% ная противопопригарная краска является эффективной.

Выводы по 3-ей главе.

1. При обработке внутренней поверхности кокиля противопопригарной краской с добавлением 11-16% порошкообразного хрома достигается практически одинаковая износостойкость как при легировании всего объема литых деталей из белого чугуна с добавлением хрома в количестве 30-35%.
2. На основе обработки рабочей поверхности кокиля порошкообразным хромом разработана технология, позволяющая повысить прочность на 18-20 %.
3. Для повышения поверхностной прочности деталей из белого чугуна разработана технология, позволяющая снизить расход хрома на 60-65 % за счет обработки рабочей поверхности хромом вместо обработки всего объема детали.

В четвертой главе диссертации **«Внедрение в производство технологии повышения износостойкости машиностроительных деталей из белого чугуна методом литья и составление её математической модели»** приводятся данные о результатах внедрения разработанной технологии по повышению износостойкости машиностроительных деталей из белого чугуна в производство и данные о апробации.

На Наваийском машиностроительном заводе при ГП «Навоийский ГМК» была внедрена технология повышения износостойкости рабочей поверхности

машиностроительных деталей из белого чугуна, при этом обеспечивая износостойкость рабочей поверхности машиностроительных деталей, расход хрома сократился на 20-22%. При этом обработка рабочей поверхности песчанно-глинистой формы противопригарной краской с содержанием 9-11 % хрома износостойкость идентична с износостойкостью с добавлением в белый чугун 30-35% хрома. На рисунке 9 приведено изображение поверхности отливки посредством сканирующего устройства.

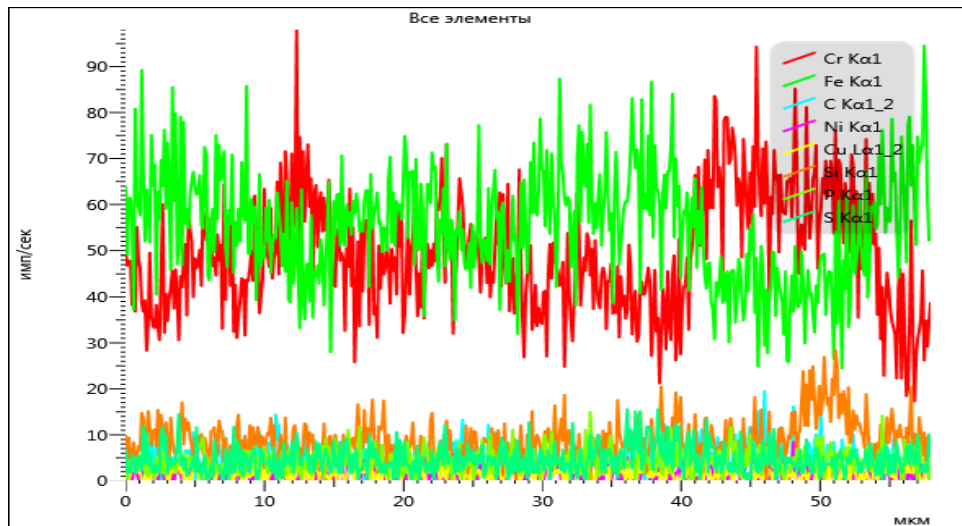


Рис. 9. Изображение рабочей поверхности детали из белого чугуна полученной после обработки рабочей поверхности одноразовой песчанно-глинистой формы противопригарной краской с добавлением 9-11% хрома.

Математическая модель изменения толщины хромированного слоя в зависимости от содержания хрома

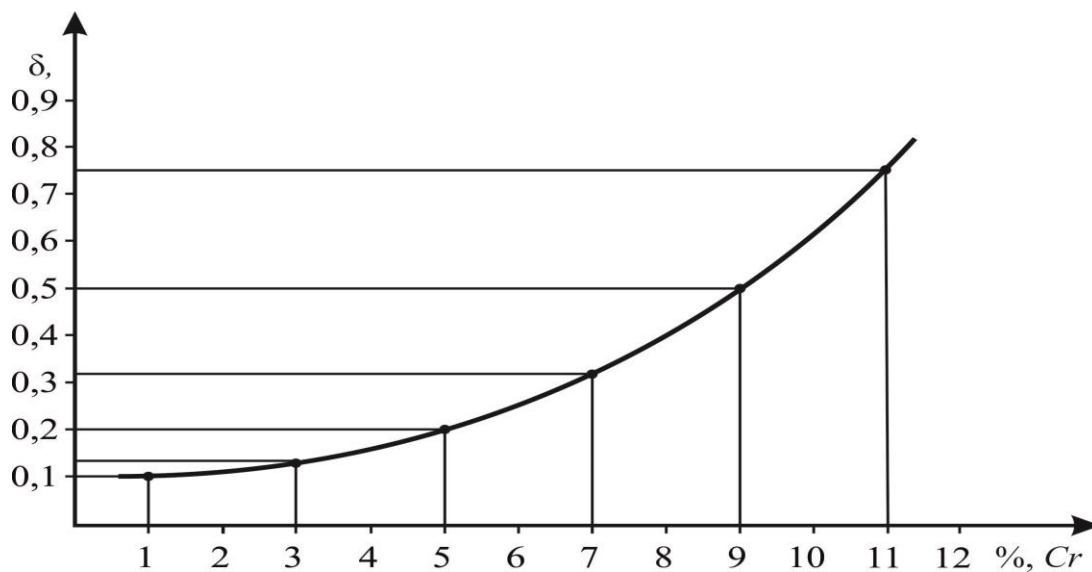


Рис. 10. График зависимости толщины хромированного слоя в зависимости от содержания хрома в противопригарной краске.

По результатам исследований (Рис. 10) на графике показано изменение толщины хромированного слоя в зависимости от содержания хрома. Рассмотрим математическую оценку не проводя последующие исследования с аналитической точки зрения, показывающие изменение толщины хромированного слоя в зависимости от содержания хрома. Здесь также приводится к аналитическому изображению количественные показатели, полученные экспериментальным путем.

По результатам, приведенным в графике можно привести следующее:

$$\alpha_i = 2i - 1, (i = 1..6 \in N), [\%]; \quad (1)$$

$$\delta_1 = 0,1\text{мм}, \delta_2 = 0,14\text{мм}, \delta_3 = 0,2\text{мм}, \delta_4 = 0,32\text{мм}, \delta_5 = 0,5\text{мм}, \delta_6 = 0,75\text{мм}$$

Векторная формула соответствующая значениям алгебраических систем будет иметь следующий вид:

$$\begin{bmatrix} 1 & \alpha_1 & \alpha_1^2 & \alpha_1^3 & \alpha_1^4 & \alpha_1^5 \\ 1 & \alpha_2 & \alpha_2^2 & \alpha_2^3 & \alpha_2^4 & \alpha_2^5 \\ 1 & \alpha_3 & \alpha_3^2 & \alpha_3^3 & \alpha_3^4 & \alpha_3^5 \\ 1 & \alpha_4 & \alpha_4^2 & \alpha_4^3 & \alpha_4^4 & \alpha_4^5 \\ 1 & \alpha_5 & \alpha_5^2 & \alpha_5^3 & \alpha_5^4 & \alpha_5^5 \\ 1 & \alpha_6 & \alpha_6^2 & \alpha_6^3 & \alpha_6^4 & \alpha_6^5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \\ \delta_5 \\ \delta_6 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Описание системы в открытой форме создаст следующую систему:

$$\begin{cases} a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 = 0,1 \\ a_1 + 3a_2 + 3^2a_3 + 3^3a_4 + 3^4a_5 + 3^5a_6 = 0,14 \\ a_1 + 5a_2 + 5^2a_3 + 5^3a_4 + 5^4a_5 + 5^5a_6 = 0,2 \\ a_1 + 7a_2 + 7^2a_3 + 7^3a_4 + 7^4a_5 + 7^5a_6 = 0,32 \\ a_1 + 9a_2 + 9^2a_3 + 9^3a_4 + 9^4a_5 + 9^5a_6 = 0,5 \\ a_1 + 11a_2 + 11^2a_3 + 11^3a_4 + 11^4a_5 + 11^5a_6 = 0,75 \end{cases} \quad (3)$$

Эту неоднополярную алгебраическую систему решаем применяя обратную матричную программу *Maple 13* будем иметь следующие корни:

$$a_1 = 0,0517578125, a_2 = 0,0694921875, a_3 = -0,026328125, \quad (4)$$

$$a_4 = 0,005494791667, a_5 = -0,0004296875, a_6 = 0,000013021$$

С повышением содержания хрома толщина хромированного слоя увеличивается по характеру следующей функции:

$$\delta(\alpha) = 0,000013021\alpha^5 - 0,0004296875\alpha^4 + 0,005494791667\alpha^3 - \quad (5)$$

$$- 0,026328125\alpha^2 + 0,0694921875\alpha + 0,0517578125$$

Эта (5) формула с увеличением содержания хрома α (%) и повышения толщины хромированного слоя δ (мм) будет иметь вид, который приведем применяя программу *Maple 13*:

```
> restart;
> solve({a[1]+a[2]+a[3]+a[4]+a[5]+a[6]=0.1,
a[1]+3*a[2]+9*a[3]+27*a[4]+81*a[5]+243*a[6]=0.14,a[1]+5*a[2]+25*a[3]+125
*a[4]+625*a[5]+5^5*a[6]=0.2,a[1]+7*a[2]+49*a[3]+7^3*a[4]+7^4*a[5]+7^5*a
[6]=0.32,a[1]+9*a[2]+81*a[3]+729*a[4]+9^4*a[5]+9^5*a[6]=0.5,a[1]+11*a[2]+
11^2*a[3]+11^3*a[4]+11^4*a[5]+11^5*a[6]=0.75],[a[1],a[2],a[3],a[4],a[5],a[6]
]);
```

```
[[a1 = 0.05175781250, a2 = 0.06949218750, a3 =
-0.02632812500, a4 = 0.005494791667, a5 =
-0.0004296875000, a6 = 0.00001302083333 ]]
```

```
> delta:=0.00001302083333*alpha^5-0.4296875000e-
3*alpha^4+0.005494791667*alpha^3-0.2632812500e-
1*alpha^2+0.06949218750*alpha+0.5175781250e-1;
```

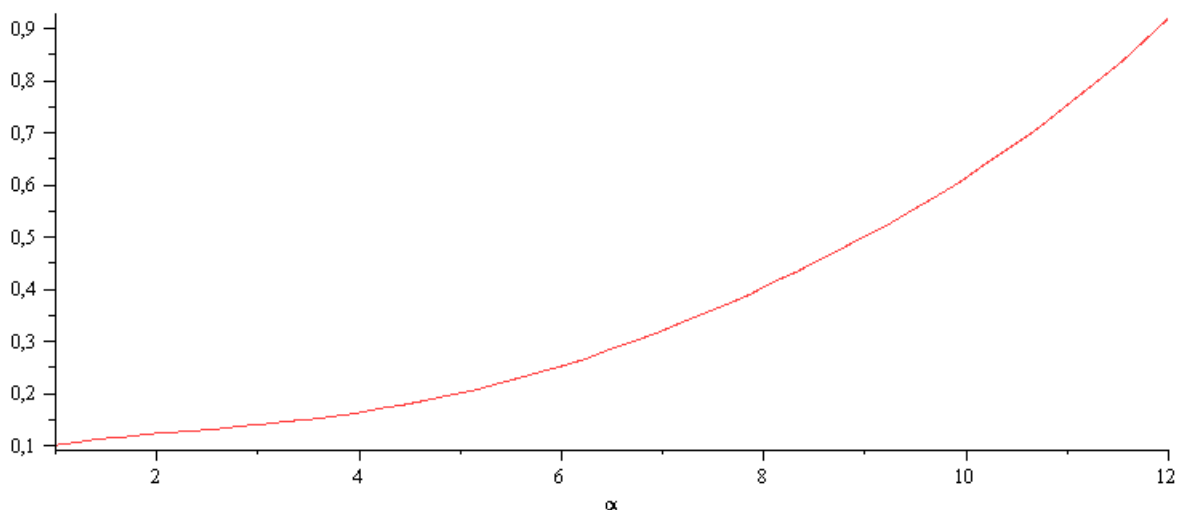
$$\delta := 0.00001302083333 \alpha^5 - 0.0004296875000 \alpha^4 + 0.005494791667 \alpha^3 - 0.2632812500 \alpha^2 + 0.06949218750 \alpha + 0.5175781250$$


Рис.11. На основе моделирования содержание хрома α (%) повышается толщина хромированного слоя δ (мм) по графику

Приведенная *Maple 13* программа позволяет определить количественные показатели с точностью до 10^{-10} .

Необходимо отметить, что с помощью выведенной формулы (5) количество хрома α (%) и толщина хромированного слоя δ (мм) изменяется в значениях в соответствии с результатами проведенных исследований,

последующие значения можно получить без проведения экспериментальных плавок. Например, **eval(delta,alpha=8);**

0.4026953135

eval(delta,alpha=10);

0.6138671875

При содержании хрома 8 % толщина хромированного слоя δ (мм) равна 0,4027 мм, а при содержании хрома 10 % толщина хромированного слоя δ (мм) равна 0,6139 мм.

Для применения в производственных условиях при различных объемах и температурных режимах разработана математическая модель процесса. При составлении математической модели применялась интерполяционная система Лагранжа. То есть задачу необходимо перевести в систему уравнений с определением неизвестных коэффициентов и эффективных функций.

$$\begin{bmatrix} 1 & x_0 & x_0^2 & \dots & x_0^n \\ 1 & x_1 & x_1^2 & \dots & x_1^n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_n & x_n^2 & \dots & x_n^n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_0 \\ y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

в уравнении $n=3$, векторное уравнение

$$\begin{bmatrix} 1 & T_1 & T_1^2 \\ 1 & T_2 & T_2^2 \\ 1 & T_3 & T_3^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Здесь $n = 3$, $T_1 = 1000$, $T_2 = 1100$, $T_3 = 1200$; $\lambda_1 = 32,6$, $\lambda_2 = 35,8$, $\lambda_3 = 38,5$. из (1) система алгебраического

уравнения будет в виде:

$$\begin{cases} a_1 + 1000a_2 + 1000^2 a_3 = 32,6 \\ a_1 + 1100a_2 + 1100^2 a_3 = 35,8. \\ a_1 + 1200a_2 + 1200^2 a_3 = 38,5 \end{cases} \quad (8)$$

При решении этой системы будет $a_1 = -26,9$, $a_2 = 0,0845$, $a_3 = -0,000025$ при котором в зависимости от повышения температуры содержание хрома в противопопригарной краске и дисперсности порошка характеризуется функцией следующего вида:

$$\lambda(T) = -26,9 + 0,0845T - 0,000025T^2. \quad (9)$$

(4) в функции если в 100 гр противопопригарной краске содержание хрома находится в пределах 9-11 гр, с повышением температуры определяется степень внедрения хрома в расплав. Точно также, при содержании хрома в противопопригарной краске в количестве 12-16 гр, система алгебраического уравнения будет

$$\begin{cases} a_1 + 1000a_2 + 1000^2a_3 = 33,6 \\ a_1 + 1100a_2 + 1100^2a_3 = 36,4 \\ a_1 + 1200a_2 + 1200^2a_3 = 40,6 \end{cases} \quad (10)$$

После решения этой системы, $a_1 = 82,6$, $a_2 = -0,119$, $a_3 = 0,00007$, можем определить оптимальное содержание порошкообразного хрома в противопопригарной краске и дисперсность порошка с помощью характерной функцией эффективности следующего вида:

$$\lambda(T) = 82,6 - 0,119T + 0,00007T^2. \quad (11)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по диссертационной работе доктора философии (PhD) на тему «Разработка технологии повышения износостойкости машиностроительных деталей методом литья из белого чугуна» сформулированы следующие выводы:

1. Обеспечение технологией, обеспечивающей расположения карбидов перпендикулярно к изнашиваемой поверхности не повышая количества хрома в белом чугуне дает большой экономический эффект.

2. При обеспечении повышения износостойкости литых деталей из белого чугуна на основе обработки внутренней поверхности литейной формы противопопригарной краской с добавлением 14-16% порошкообразного хрома достигнута практически одинаковая износостойкость по сравнению с легированием 30-35% хромов всего объема расплава. Это послужит в экономии хрома при изготовлении литых деталей из износостойкого белого чугуна.

3. Разработана технология, позволяющая повысить поверхностную прочность на 18-20% на основе обработки рабочей поверхности литейной

формы. Это послужит энерго-и ресурсосбережению при получении литых изделий.

4. Разработана технология, позволяющая снизить расход хрома на 60-65% на основе обработки поверхности детали хромом для повышения поверхностной прочности деталей из белого чугуна. Это позволит повысить износостойкость литых изделий.

5. Разработана математическая модель, позволяющая оптимизировать количества хрома и его дисперсность при получении износостойких литых деталей из белого чугуна. Полученные результаты позволят повысить производительность, снизить ресурсо и энергозатраты, а также улучшению экологической обстановки окружающей среды.

6. Экономическая эффективность от внедрения результатов исследований на предприятии “Навоийский машиностроительный завод” при ГП “Навоийский ГМК” технологии нанесения на рабочую поверхность кокиля огнеупорной краски с содержанием хрома составила 100 млн сумов в год.

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

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

ODILOV FURKAT UMARBEOVICH

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR INCREASING THE WEAR
RESISTANCE OF MACHINE-BUILDING PARTS BY CASTING FROM
WHITE CAST IRON**

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

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

TASHKENT – 2021

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 B2020.4.PhD/T724

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

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

Scientific supervisor: **Atajanov Gapur Latibovich**
candidate of technical science, dosent

Official opponents: **Norkhudjaev Fayzulla Ramazanovich**
doctor of technical science, professor

Khudoyarov Suleyman Rashidovich
doctor philosophy of technical science, dotsent

Leading organization: **Ferghana Polytechnic Institute**

The defense of the dissertation consists of «22» december 2021 at 2⁰⁰ pm hours at a meeting of the Scientific Council No DSc.03/12.2019.T.03.04. under the Tashkent State Technical University of Uzbekistan (Address: 100095, Tashkent, Universitetskaya St., 2. Tel./fax: (99871) 227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz)

The dissertation can be found in the Information Resource Center of Tashkent State Technical University (registered for № 233. (Address: 100095, Tashkent, Universitetskaya St., 2. Tel. / Fax: (99871) 227-10-32).

The abstract of the dissertation is distributed on «09» december in 2021 (mailing report № 131 on «09» december in 2021)




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, professor


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

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work Development of technology for increasing the wear resistance of machine-building parts by casting from white cast iron.

The object of the research of the thesis is white cast iron of grade 300X32N2M2TL produced at the NMZ at the State Enterprise "Navoi MMC".

The scientific novelty of a research consists in the following:

a technology for out-of-furnace processing of white cast iron has been developed based on the regularity of diffusion of non-metallic inclusions in the metal composition, which ensures a decrease in non-metallic inclusions in the melt;

on the basis of the thermophysical properties of the metal, a technology has been developed for directional crystallization of white cast iron when pouring into a mold and when cooling in a mold;

on the basis of the temperature gradient occurring during heat exchange in the melt in the mold, a technology has been developed that provides directional crystallization of white cast iron in the mold;

a technology has been developed to reduce the consumption of chromium while maintaining the wear resistance of white cast iron;

a mathematical model has been developed for the heat exchange process of introducing chromium into white cast iron when pouring into a casting mold, which ensures the wear resistance of the resulting casting.

Implementation of the research results. Based on the results obtained on the development of technology for increasing the wear resistance of machine-building parts by casting from white cast iron, the following has been achieved:

the technology of out-of-furnace processing of white cast iron to reduce non-metallic inclusions was introduced at the Navoi Machine-Building Plant under the State Enterprise Navoi MMC (reference No. 02-06-04/13690 of the Navoi MMC dated December 25, 2020). As a result, the hardness of the parts increased by 15-18%;

technology providing directional crystallization of white cast iron in a casting mold has been introduced at the Navoi Machine-Building Plant under the State Enterprise Navoi MMC (reference No. 02-06-04/13690 Navoi MMC dated December 25, 2020). As a result, the service life of the parts increased by 10-12%;

the technology ensuring the arrangement of carbides perpendicular to the wearing surface during the production of white cast iron has been introduced at the Navoi Machine-Building Plant under the State Enterprise Navoi MMC (reference No. 02-06-04/13690 Navoi MMC dated December 25, 2020). As a result, the service life of the cast parts increased by 18-20%.

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

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I–бўлим (I – часть; I–part)

1. Н.Д.Тураходжаев, Ф.У.Одилов, Н.М.Саидмахамадов, Р.С.Зокиров, С.А.Турсунбаев. “Майдалагич (дробилка) ларнинг юқори ишқаланиш шароитида ишлайдиган оқ чўядан тайёрланган қисмларининг ейилишбардошлигини ошириш технологияси ишлаб чиқиш”, Композицион материаллар илмий-техник журнал, ISSN 2091-5527 №3, 2020. 251-256 бет. (05.00.00.№13).

2.N.D.Turakhodjaev, Sh.M.Chorshanbiev, F.U.Odilov, Sh.N.Saidkhodjaeva, Z.A.Mirzanova, A.N.Turaev, Sh.D.Naraliev. “Ways to increase the strength of teeth shaft-gear made of steel 45” “Technical science and innovation” Tashkent State Technical University. №3/2020 year. pp. 235-241. (05.00.00.№16).

3. B.Kh.Mirzakhmedov, T.O.Almatayev, F.U.Odilov, N.T.Almatayev. Basic Tribotechnical Properties of Modified Composite Polymer Materials. “IJARSET”, 2018. №5 Б.5953-5357.

4. Turakhodjaev N.D., Choshanbiev Sh.M., Odilov F.U., Tashbulatov Sh.B., Zokirov R.S. «Development of technology for Preventing the Tooth Teeth of Gear Shaft» Advanced Materials Research vol 1157 2020 pp 252-25(2020) Trans Tech Publications, Switzerland. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.1157.252

5. Turakhodjaev Nodir; Odilov Furkat; Zokirov Ruslan; Saidmakhamadov Nosir. «DEVELOPMENT OF COMPOSITION OF WEAR-RESISTANT WHITE PIG IRON WITH A STABLE STRUCTURE OBTAINED BY THE CASTING METHOD» ACADEMICIA An International Multidisciplinary Research Journal (Double Blind Refereed & Reviewed International Journal) India, July 2020. Vol. 10, Issue 7, pp. 17-23. DOI: 10.5958/2249-7137.2020.00818.6

6. Nodir Djakhongirovich Turakhodjaev; Nosir Muysinalievich Saidmakhamadov; Ruslan Samadovich Zokirov; Furkat Umarbekovich Odilov; Kamola Utkurovna Tashkhodjaeva. «ANALYSIS OF DEFECTS IN WHITE CAST IRON» International Scientific Journal Theoretical & Applied Science America 2020 Issue: 06 Volume: 86 pp. 675-682. DOI: 10.15863/TAS

7. Turakhodjaev Nodir; Saidmakhamadov Nosir; Odilov Furkat; Zokirov Ruslan; Turaev Anvar «ANALYSIS OF THE CHEMICAL COMPOSITION AND MICROSTRUCTURE OF WHITE CAST IRON». EPRA International Journal of Multidisciplinary Research (IJMR) - Peer Reviewed Journal India August 2020 Volume: 6. Issue: 8. pp. 497-502. DOI: 10.36713/epra2013.

8. Turakhodjaev Nodir; Saidmakhamadov Nosir; Turakhujaeva Shirinkhon; Odilov Furkat; Turakhodjaeva Fazilatkhon; Akramov Mukhammadali; Asatov Sunnatullo; Turaev Anvar. «Development of Technology for Obtaining a High-Quality Alloy». International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology India Copyright to IJARSET Vol. 7, Issue 10 , October 2020 pp. 15347-15354.

9. Б.Х.Мирзахмедов, Ф.У.Одилов, З.Н.Мухиддинов “Создание композиционных полимерных материалов с электретными свойствами с использованием вторичного сырья” ТошДТУ Хабарлари № 4 2018 й. 116-121 б. (05.00.00. №16)

10. Nodir Turakhodjaev, Nosir Saidmakhamadov, Fatkhulla Abdullaev, Shirinkhon Turakhujaeva, Zafar Bobodustov, Ulugbek Rakhmanov, Furkhat Odilov. «Development Of A New Brand Of Alloy Instead Of 280x29nl Brand Spreadable Cast Alloy». The American Journal of Engineering and Technology. The USA Journals Volume 03 Published: March 25, 2021. Pages: 36-43.

11. Furkat Odilov, Farrukhjon Abdullaev, Alisher Fatkhullaev. «Improving The Technology Of Continuous Casting Of Steel Castings». The American Journal of Engineering and Technology. The USA Journals Volume 03 Published: April 30, 2021. Pages: 108-117.

II–бўлим (II – часть; II–part)

12. Тожибоев Бегижон Мамиталиевич, Мирзахмедов Ботир Хусниддинович, Одилов Фуркат Умарбекович. «Композиционные полимерные материалы со специальными свойствами» Замонавий ишлаб чиқаришнинг иш самарадорлиги ва энерго-ресурс тежамкорлигини ошириш муаммолари мавзусидаги Халқаро илмий-амалий анжуман материаллар тўплами 1-шўъба Андижон 3-4 октябрь 2018 йил, 394-397.

13. Мирзахмедов Б.Х., Одилов Ф.У., Мухиддинов З.Н. “Влияние наполнителей на физико-механические свойства композиционных полимерных электретных материалов” //Замонавий ишлаб чиқаришнинг иш самарадорлиги ва энерго-ресурс тежамкорлигини ошириш муаммолари мавзусидаги Халқаро илмий-амалий анжуман материаллар тўплами 1-шўъба Андижон 3-4 октябрь 2018 йил, 493-497

14. Мирзахмедов Б.Х., Одилов Ф.У., Одилова Н.Ж. “Композиционные полимерные материалы для рабочих органов машин и механизмов хлопкозаводов” //Замонавий ишлаб чиқаришнинг иш самарадорлиги ва энерго-ресурс тежамкорлигини ошириш муаммолари мавзусидаги Халқаро илмий-амалий анжуман материаллар тўплами 1-шўъба Андижон 3-4 октябрь 2018 й, 531-535 б.

15. Тураходжаев Н.Дж., 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 (ЭШП)” //Халқаро илмий анжуман. Инновация 2019, Тошкент, 176-178 б.

16. Тураходжаев Нодир Джахонгирович; Одилов Фуркат Умарбекович; Зокиров Руслан Самадович; Турсунбаев С.А.; Саидмахаматов Носир Муйсиналиевич. «Влияние структуры чугуновых сплавов на износостойкость» Международная Узбекско-Белорусская научно-техническая конференция. Композиционные и металлополимерные материалы для различных отраслей промышленности и сельского хозяйства.

Ташкент 21-22 мая 2020 г. С. - 162-164.

17. Ташбулатов Ш.Б., Одилов Ф.У., Турсунбаев С.А., Акрамов М.М. «Метод получения металлических композитов из шлаков производства» Международная Узбекско-Белорусская научно-техническая конференция. Композиционные и металлополимерные материалы для различных отраслей промышленности и сельского хозяйства. Ташкент 21-22 мая 2020 г. С. - 352-356.

18. Тураходжаева Ширин Нодир кизи; Камалов Ж.С.; Турсунов Тохир Хожиакбарович; Одилов Фуркат Умарбекович; «Получение качественной структуры при плавке алюминиевых композитов» Международная Узбекско-Белорусская научно-техническая конференция. Композиционные и металлополимерные материалы для различных отраслей промышленности и сельского хозяйства. Ташкент 21-22 мая 2020 г. С. - 410-414.

19. Одилов Ф., Тураходжаев С., Турахужаева А. «Физика нагрева и плавки сплавов» Сборник материалов международной онлайн конференции “Тенденции развития современной физики полупроводников: проблемы, достижения и перспективы”. Ташкент 13 мая 2020 г. С. -185-191.

20. Н.Д.Тураходжаев, С.А.Турсунбаев, Ф.У.Одилов, Р.С.Зокиров, М.Х.Кучкарова. “Влияние условий легирования на свойства белых чугунов” Техника и технологии машиностроения Материалы IX Международной научно-технической конференции. Омск. 8–10 июня. 2020 г. С. 63-68.

21. Тураходжаев Н.Д., Одилов Ф.У., Асатов С.Н., Акрамов М.М. «Оқ чўяннинг барқарор структурасини таъминлайдиган технология ишлаб чиқиш ва уни ишлаб чиқариш шароитида жорий қилиш» Journal of Advances in Engineering Technology Republic of Uzbekistan, Navoi, «SCIENCE ALGORITHM» LTD. Vol.1(1), Sept, 2020. pp. 42-49.

22. Атажанов Г.Л., Одилов Ф.У., Ташходжаева К.У. «Оқ чўянлардан қўйма усулида олинадиган машинасозлик деталларининг ишчи юзаларининг ейилиш бардошлилигини ошириш». «Қўймакорлик ишлаб чиқариш соҳасида ресурс ва энергиятежамкор инновацион технологиялар» мавзусидаги Халқаро миқёсдаги илмий ва илмий-техник анжуман. 13-15 апрель, 2021, Тошкент. 149-151 бет.

23. Одилов Ф.У. «Оқ чўяннинг барқарор структурасини таъминлайдиган технология ишлаб чиқиш». «Қўймакорлик ишлаб чиқариш соҳасида ресурс ва энергиятежамкор инновацион технологиялар» мавзусидаги Халқаро миқёсдаги илмий ва илмий-техник анжуман. 13-15 апрель, 2021, Тошкент. 151-154 бет.

24. Атажанов Г.Л., Одилов Ф.У. «Қотишма таркибидаги нометалл қўшимчаларнинг камайишини таъминлайдиган ишлов бериш технологиясини ишлаб чиқиш». «Қўймакорлик ишлаб чиқариш соҳасида ресурс ва энергиятежамкор инновацион технологиялар» мавзусидаги Халқаро миқёсдаги илмий ва илмий-техник анжуман. 13-15 апрель, 2021, Тошкент. 154-156 бет.

25. Одилов Ф.У., Ташходжаева К.У., Назарова Н.Т. «Оқ чўяннинг қолип ичида йўналтирилган кристалланишини таъминлайдиган технология ишлаб чиқиш». «Қуймакорлик ишлаб чиқариш соҳасида ресурс ва энергиятежамкор инновацион технологиялар» мавзусидаги Халқаро миқийсдаги илмий ва илмий-техник анжуман. 13-15 апрель, 2021, Тошкент. 156-159 бет.

26. Чоршанбиев Ш.М., Одилов Ф.У. «45 маркали пўлатдан олинаётган деталларнинг эксплуатацион хоссаларини ошириш технологиясини ишлаб чиқиш». «Қуймакорлик ишлаб чиқариш соҳасида ресурс ва энергиятежамкор инновацион технологиялар» мавзусидаги Халқаро миқийсдаги илмий ва илмий-техник анжуман. 13-15 апрель, 2021, Тошкент. 168-170 бет.

Автореферат «Тошкент давлат техника университети» таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 3,25. Адади 100. Буюртма № 70/21.

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