

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

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**САИДМАХАМАДОВ НОСИР МЎЙСИНАЛИЕВИЧ**

**ҚУЙМА МАҲСУЛОТЛАРИНИ ҚАТТИҚЛИГИ ВА ЕЙИЛИШГА  
ЧИДАМЛИЛИГИНИ ОШИРИШДА 280Х29НЛ ҚОТИШМАСИНИ  
СУЮҚЛАНТИРИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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

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

**Тошкент– 2021**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати  
мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по техническим  
наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences**

**Саидмахамадов Носир Мўйсиналиевич**

Қуйма маҳсулотларини қаттиқлиги ва ейилишга чидамлилигини оширишда 280X29НЛ  
котишмасини суюқлантириш технологиясини ишлаб чиқиш ..... 3

**Саидмахамадов Носир Муйсиналиевич**

Разработка технологии плавки сплава 280X29НЛ для повышения твердости и  
износостойкости литейных сплавов..... 17

**Saidmakhamadov Nosir Muysinalievich**

Development of alloy melting technology 280X29NL for increasing hardness  
and wear resistance of casting alloys .....29

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works .....33

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

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**САИДМАХАМАДОВ НОСИР МЎЙСИНАЛИЕВИЧ**

**ҚУЙМА МАҲСУЛОТЛАРИНИ ҚАТТИҚЛИГИ ВА ЕЙИЛИШГА  
ЧИДАМЛИЛИГИНИ ОШИРИШДА 280Х29НЛ ҚОТИШМАСИНИ  
СУЮҚЛАНТИРИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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

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

**Тошкент– 2021**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.2.PhD/T1590 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб саҳифасида ([www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz)) ва “Ziynet” Ахборот таълим порталида ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) жойлаштирилган.

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Илмий раҳбар:</b>       | <b>Тураходжаев Нодир Джахонгирович</b><br>техника фанлари доктори, профессор   |
| <b>Расмий оппонентлар:</b> | <b>Норхуджаев Файзулла Рамазанович</b><br>техника фанлари доктори, профессор<br><b>Атажанов Гапур Латибович</b><br>техника фанлари номзоди, доцент |
| <b>Етакчи ташкилот:</b>    | <b>Андижон машинасозлик институти</b>  |

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.03.04 рақамли Илмий кенгашининг 2021 йил «29» декабрь соат 11<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент шаҳар, Олмазор тумани, Университет кўчаси 2-уй. Тел./факс: (99871) 227-10-32, e-mail: [tadqiqotchi@edu.uz](mailto:tadqiqotchi@edu.uz)).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университети Ахборот ресурс марказида танишиш мумкин (235 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент шаҳар, Олмазор тумани, Университет кўчаси 2-уй. Тел./факс: (99871) 227-10-32.

Диссертация автореферати 2021 йил «17» декабрь куни тарқатилган.  
(2021 йил «17» декабрдаги № 132 рақамли реестр баённомаси).

**К.А.Каримов**

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

**Ш.Б.Ташбулатов**

Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш илмий котиби, техника фанлари  
бўйича фалсафа доктори, PhD

**Н.С.Дуняшин**

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

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти.** Жаҳонда қуймакорлик усулида олинаётган машинасозлик деталларининг мустаҳкамлигини ошириш, механик ва эксплуатацион хоссаларини яхшилаш асосида арзон қуйма маҳсулотларини ишлаб чиқариш технологиясини қўллаш етакчи ўринлардан бирини эгалламоқда. Дунё миқёсида ейилишбардош оқ чўянларнинг механик хоссаларини ошириш бўйича АҚШ, Испания, Миср, Мексика, Россия, Украина ва бошқа давлатларда кенг қамровли тадқиқот ишларини амалиётга жорий этишни тақозо этади. Шу жиҳатдан қуйма усулда олинаётган маҳсулотларни ишлаб чиқаришда кенг қўлланиладиган ейилишбардош оқ чўянлардан тайёрланадиган деталларнинг сифатига бўлган талабнинг ортиши ресурс тежамкорлигини таъминлайдиган самарали усул асосида сифатли, ейилишбардош оқ чўянлардан қуйма маҳсулотларини олиш технологиясини ишлаб чиқиш ва уни амалиётга тадбиқ этиш муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

Жаҳонда қуймакорлик усулида олинаётган машинасозлик деталларининг мустаҳкамлигини ошириш, механик ва эксплуатацион хоссаларини яхшилаш орқали иқтисодий самарадорликни янада ошириш бўйича йўналтирилган илмий – тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, мақсадли илмий – тадқиқотлар, жумладан, қуйидаги йўналишлардаги илмий изланишларни амалга ошириш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади: ейилишга бардошли оқ чўянларнинг совутиш жараёнида кристалланиш марказлари сонини орттириш ҳамда майда донли, бир текис тақсимланган структурали қуйма маҳсулотларини олиш; ейилишбардош оқ чўянларни кимёвий таркибини такомиллаштириб, механик ва эксплуатацион хоссаларини ошириш; термик ишлов беришнинг янги оптимал меъёрларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамызда металлургия ва қуймакорлик соҳаларини ривожлантириш билан импорт ўрнини босувчи ейилишбардош оқ чўянлардан тайёрланган қуйма маҳсулотлари ишлаб чиқариш бўйича илмий – тадқиқот ишлари олиб бориш юзасидан кенг қамровли чора – тадбирлар амалга оширилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. 2017 – 2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан “...қора ва рангли металл парчалари, чиқиндилари билан ишлаш тартибини такомиллаштириш чора – тадбирлари тўғрисида”<sup>1</sup> бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Ушбу вазифаларни амалга оширишда, жумладан, ейилишбардош оқ чўянларни қуйиб олиш технологияларини янада такомиллаштириш, олинган қуйма маҳсулотларини сифатини яхшилаш, қуйма маҳсулотнинг тайёрлашни янги замонавий технологияларини қўллаш асосида қуймакорлик соҳасини замонавий талаблар асосида ривожлантириш ҳамда қуйма маҳсулотларининг

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида” ги ПФ-4947-сон Фармони.//Халқ сўзи, 2017 йил 8 феврал

ейилишбардошлигини ошириш учун қотишмаларнинг оптимал таркиби ва термик ишлов бериш меъёрларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ – 4947 – сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”<sup>2</sup> ги фармони ва 2017 йил 19 декабрдаги ПҚ – 3438 – сон “2018 йилда металл парчаларини тайёрлаш, қора металллар прокатини ишлаб чиқариш ва фойдаланиш чора – тадбирлари тўғрисида”, 2018 йил 12 январдаги ПФ – 5300 – сон “Лом ва рангли металллар парчалари ва чиқиндиларини тайёрлаш тизимини тубдан такомиллаштириш тўғрисида” ги фармонлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа норматив – ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Диссертация иши бўйича тадқиқотлар фан ва технологиялар ривожланишининг II “Энергетика, энергия ва ресурстежамкорлик” устувор йўналишига мос келади.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Абразив ейилишбардош оқ чўянларни майда ва бир текис тақсимланган структуралар олиш, механик ҳамда эксплуатацион хоссаларини ишлаб чиқиш ва тадқиқ этиш билан ҳорижда Jie Wan, David C. Van Aken, Jingjing Qing, Thomas J. Yaniak, Thomas E. Clements, Mingzhi Xub, Florentino Alvarez-Antolin Juan Asensio-Lozano, Khaled M. Ibrahim, Mervat M. Ibrahim, F.V.Guerra, I.Mejía, A.Bedolla-Jacuinde, Jorge Zuno, М.Е.Гарбер, Г.Ю.Чабак, Б.И. Леонович, К.С. Гусинская, П. И. Волчок, К.С.Радченко, Г.Е.Федоров, М.М.Ямшинский ва бошқалар томонидан ўтказилган. Тадқиқотлар натижасида оқ чўянларнинг қаттиқлиги 10 – 12 % га оширилган.

Республикада ейилишбардош оқ чўянларнинг хоссасини ошириш бўйича ноанъанавий термик ишлов бериш параметрларини асослаш бўйича тадқиқотлар А.А.Мухамедов, Дж.Дж.Маматкулов, Б.Қ.Тилобов, А.А.Жумаев, У.Рахмонов, З.Бободўстов ва бошқалар томонидан бажарилган. Тадқиқотлар натижасида термоциклик ишлов бериш технологияси ишлаб чиқилган.

Мазкур тадқиқотлар натижасида ишлаб чиқилган ейилишбардош оқ чўянлар бир текис тақсимланган структуралар олиш, қотишмани оптимал таркибини ишлаб чиқиш ва уларнинг мустаҳкамлигини ошириш, термик ишлов бериш орқали ейилишбардош оқ чўянларни механик ва эксплуатацион хоссаларини ошириш борасида бир қатор илмий ишлар олиб борилган, лекин ейилишбардош оқ чўянларни суюқлантириш технологиясини ишлаб чиқиш, уларни микроструктура, кимёвий таркиби ва хоссаларини абразив ейилишга таъсири, ейилишбардош оқ чўянларни қум – гилли қолипларда қуйиб олиш ва қотишмани қолипта совутиш жараёнида кристалланиш марказларини орттириш ҳамда майда донли структуралар ҳосил қилиш бўйича тадқиқотлар етарлича ўтказилмаган.

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

Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университетидида илмий – тадқиқот ишлари режасига мувофиқ “Навоий КМК” ДК билан тузилган 2020 йил 26 октябрдаги №1/2020 МиМ “Ейилишбардош қўйма маҳсулотлари учун 280Х29НЛ маркали қотишма ўрнига янги қотишма маркасини ишлаб чиқиш” (2020 – 2021 йй.) мавзусидаги хўжалик шартномаси доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади.** 280Х29НЛ қотишмасини қаттиқлиги ва ейилишбардошлилигини таъминлайдиган суюқлантириш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

280Х29НЛ маркали қотишмани суюқлантиришда ейилишбардошликни таъминлайдиган технология ишлаб чиқиш;

қаттиқлик ва ейилишбардошликни ошириш учун 280Х29НЛ маркали қотишмани суюқлантиришда иссиқлик жараёнини легирловчи элементларга таъсири асосида ишлаб чиқиш;

қўлланилаётган 280Х29НЛ қотишмасини кимёвий таркиби, структура ва хоссаларини таҳлил қилиш асосида, механик хоссаларини камайтирмаган ҳолатда янги ейилишбардош оқ чўяннинг кимёвий таркибини ишлаб чиқиш;

қотишмани суюқлантириш жараёнида печга ҳамда ковшга модификаторлар киритиш орқали қотишманинг кристалланиш марказлари сонини орттириш ҳамда майда донли, бир текис тақсимланган структурали қўйма маҳсулотларини олиш;

қотишмани қўймакорлик қолип ичида тезроқ совутиш ҳисобига қўйманинг кристалланиш жараёнини тезлаштириш технологиясини ишлаб чиқиш;

қўйманинг совутилиш жараёнида мустаҳкамланувчи юзанинг бир меъёрда тақсимланиши учун қотишмани қўймакорлик қолипга жойлашиш схемаси ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида 280Х29НЛ маркали ейилишбардош оқ чўян танлаб олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** ейилишбардош оқ чўянларнинг таркибига боғлиқ ҳолда структура ва эксплуатацион хоссалари ўзгариши, ейилишбардош оқ чўянлардан тайёрланган деталлар структурасини ва кристалланиш марказлари сонини орттириш, қўйма маҳсулотларини олиш технологиясини ва термик ишлов бериш ёрдамида ейилишбардош оқ чўянлар хоссаларини ўзгариш қонуниятлари ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида қотишмаларнинг температурасини аниқлаш учун термопара Positherm, қотишма кимёвий таркибини аниқлаш учун “СПЕКТРОЛАБ – 10М” ускунаси, қотишма қаттиқлигини аниқлаш учун ТК – 2М маркали қаттиқлик ўлчаш мосламаси, зарбий қовушқоқликни аниқлаш учун МК – 3М ускунаси, қотишма микроструктурасини таҳлил қилиш учун МЕТАМ РВ – 23 маркали микроскоп, фазалар қаттиқлигини аниқлаш учун ПМТ – 3 русумли

микротақтиқлик, Zeiss EVO MA 10 (Carl Zeiss) сканерлаш электрон микроскоп ҳамда мавжуд меъерий хужжатларда белгиланган усуллардан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

280X29НЛ маркали қотишмани суяқлантиришда ейилишбардошликни таъминлайдиган технология иссиқлик алмашилиш жараёни асосида ишлаб чиқилган;

қаттиқлик ва ейилишбардошликни ошириш учун 280X29НЛ маркали қотишмани суяқлантириш даврида хром миқдорини иссиқлик жараёнига боғлиқлик асосида ишлаб чиқилган;

280X29НЛ маркали ейилишбардош оқ чўян ўрнига оқ чўяннинг бешта янги 1) 280X17М2Л; 2) 280X15ТДЛ; 3) 280X14МДЛ; 4) 280X11ДЛ; 5) 270X18Г3Л маркалари абразив муҳитдаги ейилиш динамикаси асосида ишлаб чиқилган;

ейилишбардош оқ чўянни индукцион печида суяқлантириш жараёнида Mg, Al ва Ti элементлари ёрдамида модификациялаш технологияси ишлаб чиқилган;

ейилишбардош оқ чўянни индукцион печида суяқлантириш жараёнида Mg ва Ti элементлари ёрдамида модификациялашнинг самарадорлигини оширишни таъминлайдиган ковшга қуйиш технологияси ишлаб чиқилган;

ишлаб чиқилган янги маркадаги ейилишбардош оқ чўянни қуймакорлик қолипга қуйиш технологияси қотишманинг қолип ичидаги кристалланиш интенсивлигини меъерлаш асосида ишлаб чиқилган;

қуйманинг совутилиш жараёнида мустаҳкамланувчи юзадаги ейилишбардошликнинг бир меъерда тақсимланиши учун таъминловчи дискни қуймакорлик қолипга жойлашиш схемаси қолип деворларининг иссиқлик ўтказувчанлик даражаси асосида ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

280X29НЛ маркали қотишманинг ейилишбардошлигини таъминлайдиган кўшимча кимёвий элементларни печга киритиш асосида суяқлантириш технологиясини оптималлаштириб, ейилишбардош оқ чўяннинг янги маркалари ишлаб чиқилган;

ейилишбардош оқ чўянни индукцион печида суяқлантириш жараёнида Mg, Al ва Ti элементлари ёрдамида печ ва ковшда модификациялаш технологияси ишлаб чиқилиб, бу орқали ейилишбардош оқ чўяннинг қуйма усулида олинган таъминловчи дискнинг хизмат муддатини ошириш технологияси жорий қилинган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончилиги аниқ қўйилган вазифа асосида синаб текшириш усуллари асосида аниқланган физик – механик ва эксплуатацион хоссаларини кўрсаткичлари бўйича олинган натижаларни физик – математик формулалар ёрдамида ҳисоблашлар орқали аниқланган кўрсаткичлар натижаларини таққослаш ва тўлиқ мослигини таъминлаш орқали ҳамда индукцион печида суяқлантириб олинган қуйма маҳсулотларини синаб текшириш усуллари

асосида аниқланган қаттиқлиги ва ейилишга чидамлилиги таҳлилларида аниқланган ижобий натижалари ва амалиётга жорий этилганлиги билан асосланади.

#### **Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқот натижаларига илмий аҳамияти ейилишбардош оқ чўяннинг механик хоссаларини ўзгартирмаган ҳолатда янги кимёвий таркиб тавсия этилган. Янги тежамкор ейилишбардош оқ чўяни кум – гилли қолипларда қуйма маҳсулотлари олиш технологияси жорий этилиб, термик ишлов беришнинг оптимал меъёри орқали ишлов бериб, ейилишбардош оқ чўянларнинг структуралари яхшиланган, механик ва эксплуатацион хоссалари кескин ошиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ейилишбардош оқ чўянларни қўшимча легирлаш ёки модификаторлар ҳисобига ҳамда қуйиш жараёни ва термик ишлов беришнинг оптималлаштириш жараёни орқали абразив ейилиш шароитларида ишлайдиган деталларнинг таннархини арзонлаштириш, ишлаш муддатларини эса узайтирилганлиги билан изоҳланади.

#### **Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.**

Қуйма маҳсулотларини қаттиқлиги ва ейилишга чидамлилигини оширишда 280X29НЛ қотишмасини суюқлантириш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган натижалар асосида:

280X29НЛ маркали ейилишбардош оқ чўян ўрнига оқ чўяннинг янги маркаси “Навоий кон – металлургия комбинати”нинг “Навоий машинасозлик” заводида жорий этилган (НКМКнинг 2021 йил 14 апрелдаги 10.02 – 07 – 01/5149 – сон маълумотномаси). Натижада таъминловчи дискнинг хизмат муддатини 45 – 46 соатдан 53 – 54 соатгача ошириш имконини берган;

Ишлаб чиқилган янги маркадаги ейилишбардош оқ чўяни қуймакорлик қолипга қуйиш технологияси “Навоий кон – металлургия комбинати”нинг “Навоий машинасозлик” заводида жорий этилган (НКМКнинг 2021 йил 14 апрелдаги 10.02 – 07 – 01/5149 – сон маълумотномаси). Натижада ишлаб чиқилган технологиянинг жорий қилиниши қуйманинг ишчи юзасидаги қаттиқликни 22 – 24% га ошириш имконини берган;

Қуйманинг совутилиш жараёнида мустаҳкамланувчи юзанинг бир меъёрда тақсимланиши учун таъминловчи дискни қуймакорлик қолипга жойлашиш схемаси “Навоий кон – металлургия комбинати”нинг “Навоий машинасозлик” заводида жорий этилган (НКМКнинг 2021 йил 14 апрелдаги 10.02 – 07 – 01/5149 – сон маълумотномаси). Натижада ишлаб чиқилган схеманинг жорий қилиниши қуйма деталларининг ишчи юзаларининг ингичка қисмидаги ейилишбардошлилиги 10 – 12% ошириш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Диссертациянинг тадқиқот натижалари 6 та, жумладан 5 та халқаро ва 1 та Республика илмий – амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 20 та илмий ишлар чоп этилган. Ўзбекистон Олий Аттестация Комиссияси томонидан докторлик диссертацияларининг асосий илмий натижаларини чоп этилиши тавсия қилинган илмий нашрларда 13 та мақола, жумладан 1 таси Республика, 12 таси юқори импакт факторли журналларда (2 таси Scopus базасидаги) нашр этилган.

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

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

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

Диссертациянинг **“Машинасозлик ва металлургия соҳаларида қўлланиладиган замонавий чўян маркалари”** деб номланган биринчи бобида мавзу бўйича адабиётлар таҳлил қилиниб, абразивли ейилиш муҳитларида қўлланиладиган қуйма деталлар учун ейилишбардош оқ чўянларнинг кимёвий таркиби, хоссалари ўрганилган ва уларнинг қўлланилиш соҳаларидан келиб чиққан ҳолатда таҳлил қилинган. Ейилишбардош оқ чўянлар таркибидаги С, Cr элементларни ейилишбардошликка, эркин графитларни шаклланишига таъсири ўрганилган. Легирловчи элементларни ейилишбардош оқ чўянларни механик ва эксплуатацион хоссаларига таъсири таҳлил қилинган.

Металлургия, қуймакорлик ва кончилик саноатлари учун муҳим ҳисобланган ейилишбардош қуйма маҳсулотларни эксплуатация жараёнидан келиб чиққан ҳолда ўрганиш ва таҳлил қилиш асосида қуйидаги хулосаларга келинган:

Республикамизнинг қатор корхоналарида ейилишбардош чўянлардан қуйма маҳсулотлар кум – гилли қолипларда қуйиб олинмоқда. Бу эса қуймани секин совушига ва бу орқали қуйманинг кристалланиш марказларини сонини камайишига ҳамда йириклашишига олиб келмоқда;

ейилишбардош оқ чўянларни хоссаларини яхшилаш мақсадида қиммат легирловчи элемент сифатида FeCr 100А ферроқотишмасидан фойдаланилмоқда, бу эса, улардан қуйма усулда олинаётган деталларни таннархини қимматлашишига олиб келган;

ейилишбардош оқ чўяндан олинган қуйма маҳсулотларида ликвация (элементларни ҳажм бирлигида бир текис тақсимланмаслиги) жараёни мавжудлиги, бу эса деталларда ейилиш миқдорини орттишига ҳамда

қотишманинг механик ва эксплуатацион хоссалари кескин камайишига олиб келган.

Ушбу муаммоларни ҳал этиш учун қуйидаги вазифаларни ишлаб чиқиш лозим:

фойдаланиб келинаётган 280Х29НЛ маркали чўянлар таркибида легирловчи элемент, хромнинг миқдорини максимал даражада камайтириш, қуймалар қуйиб олиш ва термик ишлов беришнинг оптимал меъёрларини қўллаш орқали қотишма механик ва эксплуатацион хоссаларини таъминлаш керак;

ейилишбардош қуймаларнинг совутилиш жараёнида мустаҳкамланувчи юзадаги ейилишбардошликнинг бир меъёрда тақсимланиши учун қуйма маҳсулотларни қуймакорлик қолипга жойлашиш схемаси қолип деворларининг иссиқлик ўтказувчанлик даражаси асосида ишлаб чиқиш ва бу орқали қотишмани механик ва эксплуатацион хоссалари яхшилаш мумкин.

Диссертациянинг **“Тадқиқот объектини танлаш ва тадқиқот усуллари ишлаб чиқиш”** деб номланган иккинчи бобида тадқиқот объекти сифатида НКМК нинг НМЗ да СЕМСО ва БАРМАК дробилкаларида рудаларни майдалаш мақсадида фойдаланиладиган 280Х29НЛ маркали ейилишбардош оқ чўян ҳамда янги бешта маркада намуналар қум – гилли қолипларда қуйиб олинди ва олинган намуналарнинг механик ва микроструктуравий хоссалари аниқланди (1 – расм).



**1 – расм. Қум – гилли қолипда қуйиб олинган намуналар**

Тадқиқот материаллари учун фойдаланилган намуналарнинг кимёвий таркиби НКМК нинг НМЗ нинг бош марказий лабораториясида “СПЕКТРОЛАВ – 10М” русумли спектрал жиҳозида таҳлил қилинди (1-жадвал). Бундан ташқари ейилишбардош оқ чўян намуналари лаборатория шароитида СНОЛ 7,2/1100 муфел печида термик ишлов берилди. Микроструктуравий тадқиқотлар “Инновацион ривожлантириш вазирлиги қошидаги илғор технологиялар маркази”да СЭМ Zeiss EVO MA 10 скайнерловчи электрон микроскоп 100 мартадан 2000 мартагача катталаштирилди ҳамда НКМКнинг НМЗ нинг бош марказий лабораторияси “МЕТАМ РВ – 23” микроскопи ёрдамида амалга оширилди.

1-жадвал

НМЗ да қўлланилиб келинаётган ҳамда янги ишлаб чиқилган  
маркаларнинг кимёвий таркибининг таҳлили

| Марка     | Элементлар, % |      |      |       |       |      |      |      |       |       |
|-----------|---------------|------|------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|
|           | C             | Si   | Mn   | Cr    | Mo    | Ti   | Ni   | Cu   | P     | S     |
| 280X29НЛ  | 2,92          | 0,51 | 0,57 | 28,86 | 0,057 | -    | 1,54 | 0,2  | 0,067 | 0,032 |
| 280X17М2Л | 2,87          | 1,18 | 0,89 | 16,53 | 2,07  | -    | 0,63 | 0,61 | 0,062 | 0,036 |
| 280X15ТДЛ | 2,75          | 1,87 | 0,97 | 14,62 | 0,03  | 1,72 | 0,16 | 0,90 | 0,034 | 0,023 |
| 280X14МДЛ | 2,75          | 0,99 | 0,67 | 13,88 | 0,80  | -    | 0,75 | 1,05 | 0,070 | 0,036 |
| 280X11ДЛ  | 2,87          | 1,85 | 0,58 | 10,54 | 0,025 | -    | 0,16 | 0,81 | 0,078 | 0,044 |
| 270X18Г3Л | 2,67          | 0,92 | 3,10 | 18,33 | 0,20  | -    | 0,49 | 0,48 | 0,052 | 0,014 |

Тадқиқот объекти сифатида ўрганилаётган 280X29НЛ, 280X17М2Л, 280X15ТДЛ, 280X14МДЛ, 280X11ДЛ ва 270X18Г3Л маркали ейилишбардош оқ чўянларни кимёвий элемент таҳлили ва кимёвий элементларини юза бўйлаб таркалиши ҳамда микроструктуравий таҳлиллар текширилди. Ейилишбардош оқ чўянларни механик хоссаларини аниқлаш учун махсус намуналар тайёрланди. Намуналарни қаттиқлиги ТК-2М русумли қаттиқлик ўлчаш мосламасида ёрдамида аниқланди (2 – жадвал).

2-жадвал

НМЗ да қўлланилиб келинаётган ҳамда янги ишлаб чиқилган  
ейилишбардош оқ чўянларнинг механик хоссалари

| № | Чўян маркалари | Қаттиқлик, HRC |
|---|----------------|----------------|
|   |                | Ўлчанган       |
| 1 | 280X29НЛ       | 41 – 47        |
| 2 | 280X17М2Л      | 46 – 48        |
| 3 | 280X15ТДЛ      | 48 – 49        |
| 4 | 280X14МДЛ      | 58 – 59        |
| 5 | 280X11ДЛ       | 54 – 55        |
| 6 | 270X18Г3Л      | 56 – 58        |

\*Изоҳ – берилган қийматлар меъёрий ҳужжатлар асосида олинди.

Ушбу бобда ейилишбардош оқ чўянлар учун фойдаланилган иккиламчи шихта ҳамда ферроқотишмалар ўрганилди.

Ейилишбардош оқ чўянлардан тайёрланган намуналарнинг металлографик миқдорий таҳлил, механик хоссалар таҳлили, микрорентген спектрал фазалар таҳлили, элементли таҳлил ва кимёвий таҳлиллардан фойдаланилди.

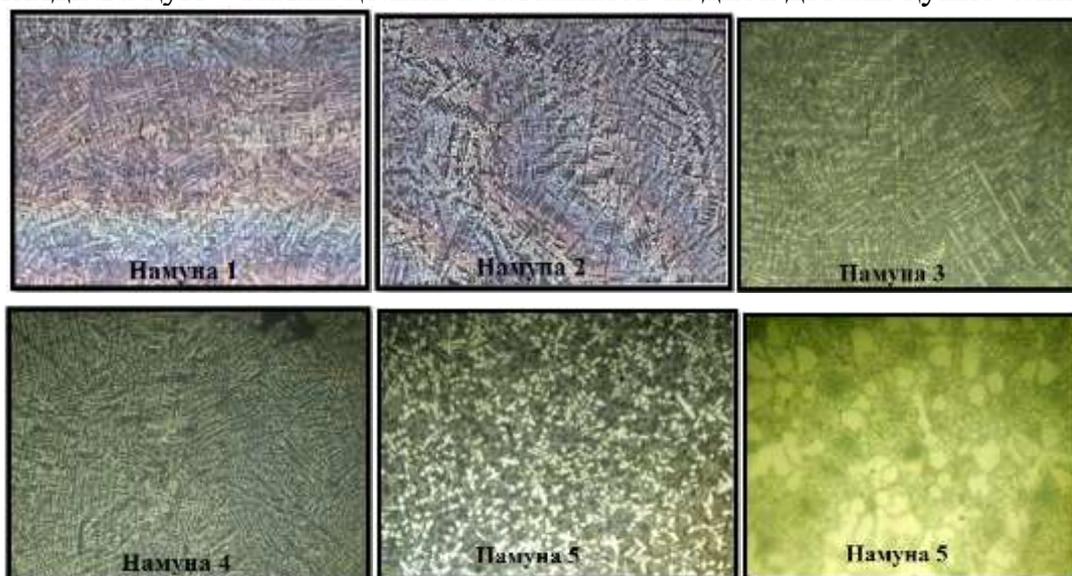
Умумлаштирилган натижалар асосида қотишмаларнинг механик ва эксплуатацион хоссаларига таъсири аниқланди.

Диссертациянинг “Ейилишбардош 280X29НЛ маркали оқ чўянни суюқлантириш технологиясини такомиллаштириш” деб номланган учинчи бобида 280X29НЛ маркали таъминловчи диск қуймасини кимёвий таркибини ўзгартириб, қотишмани механик хоссаларини камайтирмаган

ҳолатда иқтисодий жиҳатдан арзон ва ейилишбардош қуйма маҳсулотлари ишлаб чиқиш учун “Навоий КМК” ДКнинг “НМЗ” га намуна сифатида бешта таклиф берилди ва берилган таклиф асосида шихта ишлаб чиқилди. Қуйманинг сифатини ҳамда қуйманинг кристалланиш куртакларини сонини орттириш мақсадида Al, Mg ва Ti элементлари билан модификацияланди.

Модификаторларни асосан печ ичида, печнинг қуйиш каналида ёки ковшда қўшиш тавсия этилади. Агарда қотишмага киритилаётган элементлар актив элемент ҳисобланса, унда автоклав орқали киритиш керак.

“НМЗ” заводининг “Рангли металлларни суюқлантириш” цехида ИСТ – 0,4 индукцион печида қотишмани суюқлантирган сўнг печдаги суюқ металлнинг оғирлигидан келиб чиқиб, 0,4 – 0,6 % да модификатор юкланди. Модификатор сифатида Al (40 %), Mg (20 %) ва Ti (40 %) дан фойдаланилди. Mg актив элемент ва суюқланиш температураси паст яъни  $650^{\circ}\text{C}$  бўлганлиги сабабли, печга тўғридан – тўғри юклаб бўлмайди. Шу сабабли модификатор сифатида фойдаланиши зарур бўлган оғирликдан келиб чиқиб, алюминийдан махсус қутича ясалди, уни ичига магний солинди ва махсус алюминийли яшикчани суюқ металлга киритилди. Бу орқали магнийни қуйишини ҳамда металлга яхши аралашини таъминланди. Титан эса металл шлакдан ҳоли қилингандан сўнг тўғридан – тўғри печга юкланди ва намунани суюқлантириш жараёни 2:50 соат вақт кетди. Сўнгра  $750^{\circ}\text{C}$  –  $800^{\circ}\text{C}$  температурада қиздирилган ковшга иккинчи бор модификатор сифатида Al, ва Ti солиб, устидан суюқ металл печдан қуйилди. Магнийни ковшда қўшиш учун иккинчи қиздирилган усти берк ковшда магний киритилиб, уч дақиқа ушлаб турилиб, кум – гилли қолипга қуйилди. Таклиф этилган 5 та намунани суюқлантириб олишда модификаторлар шу тартибда суюқ металлга киритилди ва кум – гилли қолипга таъминловчи диск детали қўйиб олинди.



2 – расм. Бешта янги маркадаги қўйиб олинган ейилишбардош оқ чўянларнинг микроструктураси, 100X, 300X

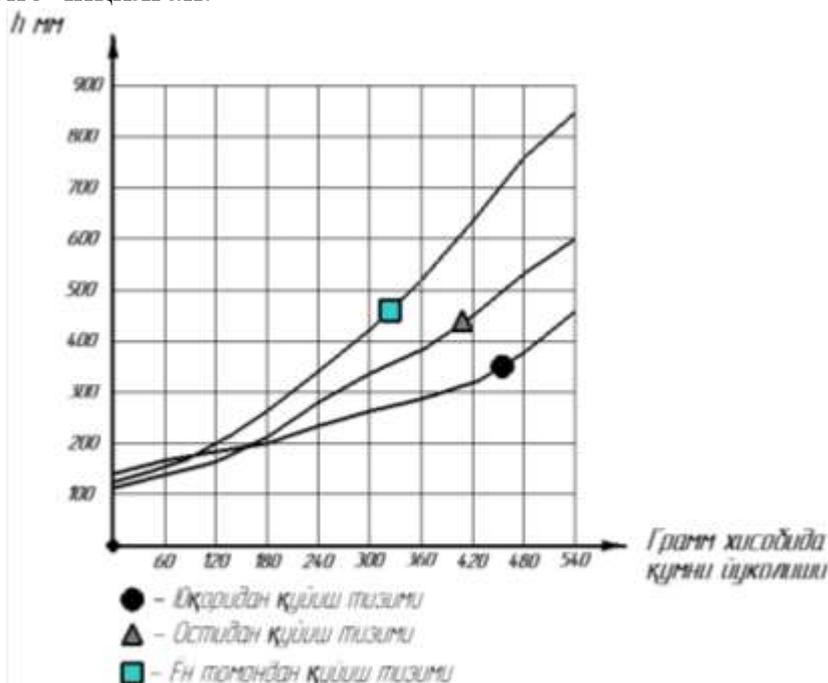
Ушбу бобда 280X29HL маркали ейилишбардош оқ чўянни суюқлантириш ва қотишма кум – гилли қолипларга қуйиш жараёнида қуйидаги хулосаларга келинди:

1. 280X29НЛ маркали ейилишбардош оқ чўян ўрнига беш хил кимёвий таркибга эга шихта ҳисобланиб, қотишмани механик хоссаларини камайтирмаган ҳолатда иқтисодий томондан арзон, сифатли қотишма таркиби ишлаб чиқилди.

2. Ейилишбардош оқ чўяннинг қуймакорлик хоссаларини ошириш учун модификаторлар сифатида Mg, Ti ва Al танлаб олиниб, печда ҳамда ковшда ишлов берилди. Бунинг натижасида қотишмани кристалланиш куртакларини сонини орттишига ҳамда қотишманинг структурасига ўз таъсирини кўрсатди.

3. Қум – гилли қолипга қуйиб олинган 1 – намуна, 2 – намуна ва 3 – намуналардан қуйиб олинган таъминловчи диск деталини физик – механик ҳамда технологик хоссаларини яхшилаш билан бирга уларни эксплуатацион кўрсаткичларини ошириш мақсадида уларга термик ишлов берилди.

Диссертациянинг “Ейилишбардош оқ чўянларнинг қуймакорлик қолипларига қуйиш технологиясини математик моделини тузиш” деб номланган тўртинчи бобида суюқ металл қум – гилли қолипга турли хил қуйиш тизимлари орқали турли баландликлардан қуйилганда қум массасининг йўқолиб бориш жараёнини тажриба ёрдамида олинган натижалардан (1 – график) фойдаланган ҳолда математик моделлаштириш масаласини кўриб чиқилган.



1 – график. Суюқ металл қум-гилли қолипга турли хил қуйиш тизимлари орқали қуйиш баландлигига мос ҳолда қум массасининг йўқолиши графиги

Биринчи ҳолда суюқ металл юқоридан қум-гилли қолипга қуйилган ҳол учун тажрибадан натижалари асосида, Лагранжнинг интерполяцион кўпҳадини тузиб чиқамиз. Яъни масала алгебраик тенгламалар системасига келтирилиб, номаълум коэффициентларни аниқлаш билан суюқ металл қуйилиш баландлигининг ўзгаришига мос ҳолда қум массасининг йўқотилишини аниқлайдиган функцияни кўпҳад шаклида ифодалаш билан кечади.

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

(1) тенгламалар системасида  $n=6$  бўлиб, вектор тенглама

$$\begin{bmatrix} 1 & h_1 & h_1^2 & \dots & h_1^7 \\ 1 & h_2 & h_2^2 & \dots & h_2^7 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & h_7 & h_7^2 & \dots & h_7^7 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ \vdots \\ m_7 \end{bmatrix} \quad (2)$$

кўринишда бўлиб, бунда

$$h_1 = 1sm, h_2 = 1,6sm, h_3 = 2sm, h_4 = 3sm, h_5 = 5,1sm, h_6 = 7,7sm, h_7 = 8,5sm \quad [\times 10],$$

$$m_1 = 0, m_2 = 60, m_3 = 120, m_4 = 210, m_5 = 360, m_6 = 480, m_7 = 540 \quad [gramm]$$

эканидан (2) алгебраик тенгламалар системаси илдизларини аниқласак,

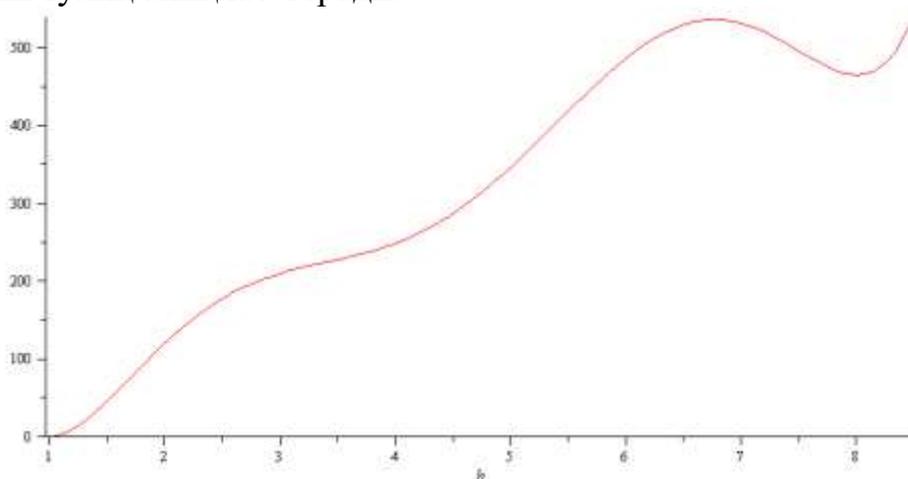
$$a_1 = 508,15449, a_2 = -1344,30144, a_3 = 1242,34661, a_4 = -495,64272,$$

$$a_5 = 98,57473, a_6 = -9,48234, a_7 = 0,35067$$

бўлиб, суяқ металл қуйилиш баландлигининг ўзгариши билан қум массасининг йўқотилишини аниқлайдиган функция қуйидаги кўринишда бўлади:

$$m(h) = 508,15449 - 1344,30144h + 1242,34661h^2 - 495,64272h^3 + 98,57473h^4 - 9,48234h^5 + 0,35067h^6 \quad (3)$$

(3) функция суяқ металл юқоридан қуйилган ҳол учун суяқ металлни ихтиёрий қуйиш баландлигининг ўзгариши билан қум массасининг йўқолишини тўлиқ аниқлаб беради.



2 – график. Суяқ металл қуйиш баландлигининг ортиши билан қумни йўқотилиш графиги

Ушбу бобда қуйидаги хуларга келинди:

1. Ейилишбардош оқ чўянларни қум – гилли қолипларга қуйиш жараёнида суяқ қотишма юқоридан, остидан ва ён томонлардан қуйиш

тизимлари орқали қуйилганда қолип қумини йўқолиши ва қуймани сифатига таъсири ўрганилди.

2. Тажриба олинган натижаларга асосланиб, таъминловчи диск деталини ён томондан қуйиш тизимидан фойдаланиб, қуйиб олинганда, қўшимча металл сарфи ҳамда қолип ашёсини йўқолиши камлиги аниқланди.

3. Суюқ металлни турбулент оқимидан ламинар оқими ўтишига асосланиб, ён томондан қуйиш тизими танлаб олинди.

4. Тажриба асосида олинган маълумотлардан фойдаланиб, кўпхадлар ёрдамида тажриба ўтказмасдан аниқлаш кейинги натижаларни аниқлаш мумкин.

5. Ейилишбардош оқ чўянларни қум – гилли қолипларга қуйиш жараёнида қолипда иссиқлик тарқалиш коэффициентини ҳисоблаб чиқилди.

6. Таъминловчи диск деталини тезроқ совуши ва иссиқлик тарқалиш коэффициентини математик ифодалаш орқали қуйма маҳсулотларини майда донли бир текис тақсимланган структура олиш мумкинлиги ўрганилди.

## ХУЛОСА

1. 280X29НЛ маркали қотишманинг ейилишбардошлигини таъминлайдиган қўшимча кимёвий элементларни печга киритиш асосида суюқлантириш технологияси ишлаб чиқилган. Бу қотишма таркибига кимёвий элементларни печга юклаш технологиясини ишлаб чиқиш учун хизмат қилади.

2. Қаттиқлик ва ейилишбардошликни ошириш учун 280X29НЛ маркали қотишмани суюқлантириш даврида хром элементини унинг дисперслигига боғлиқлик даражаси асосида ишлаб чиқилган. Бу қотишма таркибидаги элементларнинг бир меъёردа тақсимланишини таъминлашга хизмат қилади.

3. 280X29НЛ маркали ейилишбардош оқ чўян ўрнига оқ чўяннинг бешта янги 1) 280X17М2Л; 2) 280X15ТДЛ; 3) 280X14МДЛ; 4) 280X11ДЛ; 5) 270X18Г3Л маркалари абразив муҳитдаги ейилиш динамикаси асосида ишлаб чиқилган. Бу ишлаб чиқариш шароитида оқ чўянларнинг ресурс тежамкор маркаларни қўллаш имконини беради.

4. Оқ чўянни индукцион печида суюқлантириш жараёнида Mg, Al ва Ti элементлари ёрдамида модификациялаш технологияси ишлаб чиқилган. Бу оқ чўянларни суюқлантиришда унинг хоссаларини ошириш технологиясини яратишда қўлланилади.

5. Оқ чўянни суюқлантириш печида Mg ва Ti элементлари ёрдамида модификациялашдан кейин самарадорлигини оширишни таъминлайдиган ковшга қуйиш технологияси ишлаб чиқилган. Бу модификаторларнинг тежамкорлигини таъминлаш имконини беради.

6. Ишлаб чиқилган янги маркадаги ейилишбардош оқ чўянни қуймакорлик қолипга қуйиш технологияси қотишманинг қолип ичидаги

кристалланиш интенсивлигини меъёрлаш асосида ишлаб чиқилган. Бу ишқаланиш юзасидаги қаттиқлик тақсимотини меъёрлаш имконини беради.

7. Қўйманинг совутилиш жараёнида мустақамланувчи юзадаги ейилишбардошликнинг бир меъёрда тақсимланиши учун таъминловчи дискни қўймакорлик қолипга жойлашиш схемаси қолип деворларининг иссиқлик ўтказувчанлик даражаси асосида ишлаб чиқилган. Бу қолип ашёсини танлаш учун хизмат қилади.

8. 280X29НЛ маркали ейилишбардош оқ чўян ўрнига оқ чўяннинг янги маркаси жорий қилинди. Янги маркали ейилишбардош оқ чўяннинг қўлланилиши натижасида таъминловчи дискнинг хизмат муддатини 45 – 46 соатдан 53 – 54 соатгача ошириш имконини берди.

9. Ишлаб чиқилган янги маркадаги ейилишбардош оқ чўянни қўймакорлик қолипга қўйиш технологияси жорий қилинди. Ишлаб чиқилган технологиянинг жорий қилиниши қўйманинг ишчи юзасидаги қаттиқликни 22 – 24% га ошириш имконини берди.

10. Қўйманинг совутилиш жараёнида мустақамланувчи юзанинг бир меъёрда тақсимланиши учун таъминловчи дискни қўймакорлик қолипга жойлашиш схемаси жорий қилинди. Ишлаб чиқилган схеманинг жорий қилиниши қўйма деталларининг ишчи юзаларининг ингичка қисмидаги ейилишбардошлилиги 10 – 12% ошириш имконини берди.

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

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**САИДМАХАМАДОВ НОСИР МУЙСИНАЛИЕВИЧ**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЛАВКИ СПЛАВА  
280Х29Н1 ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТВЕРДОСТИ  
И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЛИТЕЙНЫХ СПЛАВОВ**

**05.02.01 - Материаловедение в машиностроении. Литейное производство. Термическая обработка металлов давлением. Металлургия черных, цветных и редких металлов. Технология редких, ценных и радиоактивных элементов (направление литейное производство и обработка металлов)**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)  
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером В2020.2.PhD/T1590**

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский и английский (резюме)) размещен на веб – странице Научного совета по адресу ([www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz)) и информационно – образовательном портале «Ziynet» по адресу ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

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

**Официальные оппоненты:** **Норхуджаев Файзулла Рамазанович**  
доктор технических наук, профессор

**Атаджанов Гафур Латипович**  
кандидат технических наук, доцент

**Ведущая организация:** **Андижанский машиностроительный институт**

Защита диссертации состоится «29» декабрь 2021 г. в 11<sup>00</sup> часов на заседании разового Научного совета DSc.03/30.12.2019.T.03.04 Ташкентского государственного технического университета и Национальном университете Узбекистана . (Адрес: 100095, г. Ташкент, Алмазарский район, ул. Университетская, 2. Тел./факс: (99871) 227-10-32; e-mail: [tadqiqotchi@tdtu.uz](mailto:tadqiqotchi@tdtu.uz))

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного транспортного университета (регистрационный номер-235). (Адрес: 100095, г. Ташкент, Алмазарский район, ул. Университетская, 2. Тел./факс: (99871) 227-10-32.

Автореферат диссертации разослан «17» декабрь 2021 года.  
(протокол реестра №132 от «17» декабрь 2021 года).

**К.А.Каримов**

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

**Ш.Б.Ташбулатов**

Ученый секретарь научного совета  
по присуждению ученых степеней,  
доктор философии по техническим  
наукам, (PhD)

**Н.С.Дуняшин**

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

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире проводится ряд исследовательских работ по повышению прочности машиностроительных деталей, полученных литьем, улучшению механических и эксплуатационных свойств недорогих отливок. В США, Испании, Египте, Мексике, России, Украине и других странах проводятся обширные исследования по повышению механических свойств износостойкого белого чугуна. В связи с ростом производства отливок в литейном производстве из года в год важно создать и внедрить технологию получения отливок из качественных, износостойких белых чугунов на основе эффективного метода, обеспечивающего экономию ресурсов.

Одна из важнейших задач сегодня - повышение прочности металлов и сплавов, полученных литьем, с целью дальнейшего повышения экономической эффективности за счет улучшения их механических и эксплуатационных свойств. Целенаправленные исследования в этой области, в том числе выполнение научных исследований по следующим направлениям, является одной из важных задач: увеличить количество центров кристаллизации при охлаждении износостойкого белого чугуна и получить мелкозернистую, равномерно распределенную структуру отливки; повысить механические и эксплуатационные свойства износостойкого белого чугуна за счет упрощения его химического состава; необходимо разработать новые оптимальные стандарты термической обработки.

После обретения Республикой Узбекистан независимости, с развитием металлургии, горного и литейного производства, были проведены научно-исследовательские работы по производству литых изделий из износостойкого белого чугуна, заменяющего импортный, и достигнут ряд результатов.

В связи с этим дальнейшее совершенствование технологии литья износостойкого белого чугуна, повышение качества отливок, развитие литейного производства на основе современных требований за счет использования новых современных технологий производства отливок, в частности, одной из важных задач является разработка оптимального состава сплавов и разработка норм термической обработки для повышения износостойкости литых изделий.

Данная диссертация служит для реализации поставленных задач, таких как: Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года № УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»<sup>1</sup>, а также других нормативно-правовых документов в этой области.

**Соответствие исследования приоритетам развития науки и технологий республики.** Результаты предлагаемого исследования являются частью Республиканского проекта по развитию науки и технологий. Он реализован в соответствии с приоритетом направления «Энергетика, энерго- и ресур-

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 г. № УП 4947 «О Стратегии дальнейшего развития Республики Узбекистан». // Халқ сўзи, 8 февраля 2017 г.

сосбережение».

**Степень изученности проблемы.** Jie Wan, David C. Van Aken, Jingjing Qing, Thomas J. Yaniak, Thomas E. Clements, Mingzhi Xub, Florentino Alvarez-Antolin Juan Asensio-Lozano, Khaled M. Ibrahim, Mervat M. Ibrahim, F.V.Guerra, I.Mejía, A.Bedolla-Jacuinde, Jorge Zuno, М.Е.Гарбер, Г.Ю.Чабак, Б.И. Леонович, К.С. Гусинская, П. И. Волчок, К.С.Радченко, Г.Е.Федоров, М.М.Ямшинский, А.А.Мухамедов, Дж.Дж.Маматқулов, Б.Қ.Тилобов, А.А.Жумаев, У.Рахмонов, З.Бободўстов и другие вели научно-исследовательские работы в получении мелкозернистых и равномерно распределенных структур абразивного износостойкого белого чугуна, улучшения их механических и эксплуатационных свойств.

В рамках данного исследования ученые провели ряд научных исследований для получения равномерно распределенных структур из износостойкого белого чугуна, разработки оптимального состава сплава и повышения их прочности, улучшения механических и эксплуатационных свойств износостойкого белого чугуна за счет термической обработки, однако в них не рассмотрены проблемы разработки технологии плавки износостойких белых чугунов, влияние микроструктуры, химического состава и свойств на абразивный износ, литье износостойких белых чугунов в песчано-глинистых формах и увеличение центров кристаллизации при охлаждении сплава, а также проблемы образования мелкозернистых структур. В данной диссертации широко рассмотрены задачи решения этих проблем.

**Связь темы диссертации с исследовательскими планами вуза, в котором она была выполнена.** Диссертационное исследование выполнено согласно плану научно-исследовательской работы Ташкентского государственного технического университета в рамках хозяйственного договора заключенным с Навоийским горно-металлургическим комбинатом 26 октября 2020 года №1/2020 МиМ “Разработка новой марки сплава взамен сплава 280Х29НЛ для износостойких отливок”.

**Цель исследования.** Разработка технологии плавки которая обеспечивает твердость и износостойкость сплава марки 280Х29НЛ.

**Задачи исследования:**

- разработка технологии плавки обеспечивающую износостойкость сплава марки 280Х29НЛ;
- разработка плавки сплава марки 280Х29НЛ на основе воздействия теплового процесса на легирующие элементы для повышения жесткости и износостойкости;
- на основе анализа химического состава, структуры и свойств используемого сплава 280Х29НЛ, разработать химический состав нового износостойкого белого чугуна без снижения его механических свойств;
- увеличить количество центров кристаллизации сплава за счет добавления модификаторов в печь и ковш в процессе плавки сплава и получения мелкозернистую, равномерно распределенную литейную отливку;
- разработка технологии ускорения процесса кристаллизации отливки за

счет более быстрого охлаждения сплава в литейной форме;

- разработка схемы размещения сплава в литейной форме для равномерного распределения упрочняемой поверхности в процессе охлаждения отливки.

**В качестве объекта исследования** был выбран износостойкий белый чугун марки 280X29НЛ.

**Предметом исследования** - служат закономерности изменения структуры и эксплуатационных свойств износостойкого белого чугуна в зависимости от состава, строения деталей из износостойкого белого чугуна и увеличения количества центров кристаллизации, технология получения отливок и изменение свойств износостойкого белого чугуна при помощи термообработки.

**Методы исследования.** В процессе исследования были использованы: для определения температуры сплава была использована термопара Positherm, для определения химического состава сплава был использован прибор "СПЕКТРОЛАБ – 10М", для определения твердости сплава использован измерительный прибор ТК – 2М, для определения ударной вязкости прибор МК – 3М, для анализа микроструктуры сплава использован микроскоп марки МЕТАМ РВ – 23, для определения твердости фаз микротвердомер марки ПМТ – 3 и сканирующий электронный микроскоп Zeiss EVO MA 10 (Carl Zeiss).

**Научная новизна исследования** состоит из следующих:

- технологию плавки обеспечивающую износостойкость марки 280X29НЛ разработан на основе процесса теплообмена;

- для повышения твердости и износостойкости сплава марки 280X29НЛ, в период плавки разработана зависимость количества хрома на тепловой процесс;

- на основе динамики износа в абразивной среде вместо износостойкого белого чугуна марки 280X29НЛ были разработаны следующие 5 марок: 1) 280X17М2Л; 2) 280X15ТДЛ; 3) 280X14МДЛ; 4) 280X11ДЛ; 5) 270X18Г3Л;

- разработана технология модификации с использованием элементов Mg, Al и Ti в процессе плавки износостойкого белого чугуна в индукционной печи;

- разработанная технология литья новой марки износостойкого белого чугуна основана на регулировании интенсивности норм кристаллизации сплава в форме;

- схема размещения диска питания в форме, обеспечивающая равномерное распределение износостойкости упрочняемой поверхности в процессе охлаждения отливки, основана на уровне теплопроводности стенок кристаллизатора.

**Практические результаты исследования** состоят из следующих:

- разработана технология легирования 280X29НЛ на основе введения в печь дополнительных химических элементов для обеспечения износостойкости сплава, разработаны новые марки износостойкого белого чугуна;

- в процессе плавки износостойкого белого чугуна в индукционной печи разработана технология модификации в печи и в ковше с использованием элементов Mg, Al и Ti, тем самым разработана технология увеличения срока службы питающего диска полученного литьём из износостойкого белого

чугуна.

#### **Достоверность результатов исследования.**

Достоверность результатов исследования путем сопоставления результатов, полученных на основе физико-математических и эксплуатационных свойств показателей, определяемых методами тестирования на основе точно поставленной задачи путем расчетов по физико-математическим формулам и путем сравнения результатов, полученных при анализе твердости и износостойкости, определенных на основе методов испытаний литейных отливок в индукционной печи.

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

По результатам исследования предложен новый химический состав, не меняющий механических свойств износостойкого белого чугуна.

Внедрение новой экономичной технологии получения деталей из износостойкого белого чугуна в песчано-глинястых формах осуществляется с использованием оптимальных норм термической обработки, объясняет улучшенную структуру износостойкого белого чугуна и резкое повышение механических и эксплуатационных свойств.

Практическая значимость результатов исследования заключается в снижении себестоимости деталей работающих в условиях абразивного износа, увеличении срока службы, за счет дополнительного легирования, модификаторов, а также за счет процесса литья и оптимизации термической обработки.

#### **Внедрение результатов исследования.**

По результатам разработки технологии плавки сплава 280Х29НЛ для повышения твердости и износостойкости литых изделий:

Вместо износостойкого белого чугуна марки 280Х29НЛ на Навоийском машиностроительном заводе Навоийского горно-металлургического комбината введена новая марка белого чугуна (справка НГМК № 10.02 - 07 - 01/5149 от 14 апреля 2021 г.) . В результате срок службы диска питания был увеличен с 45 - 46 часов до 53 - 54 часов.

Внедрена новая технология литья в литейные формы из разработанной новой марки износостойкого белого чугуна на Навоийском машиностроительном заводе Навоийского горно-металлургического комбината (справка НГМК № 10.02 - 07 - 01/5149 от 14 апреля 2021 г. № 10.02 - 07 - 01/5149). В результате внедрение разработанной технологии позволило повысить твердость рабочей поверхности отливки на 22-24%.

Внедрена схема размещения диска питания в литейной форме, обеспечивающая равномерное распределение упрочняющей поверхности при охлаждении отливки на Навоийском машиностроительном заводе Навоийского горно-металлургического комбината (справка НГМК № 10.02 - 07 - 01/5149 от 14 апреля 2021 г. № 10.02 - 07 - 01/5149). В результате внедрение разработанной схемы позволило повысить износостойкость в тонкой части рабочих поверхностей литых деталей на 10-12%.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования

диссертации обсуждались 6 раз: 5 в международных и 1 в республиканских научно-практических конференциях.

**Публикация результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 20 научных работ.

Опубликована 13 статей в научных журналах, рекомендованных к публикации основных научных результатов докторских диссертаций Высшей аттестационной комиссией Узбекистана, из них 1 в Республиканской, 12 статей в журналах с высоким импакт фактором (2 в журнале базы Scopus).

**Состав и объем диссертации.** Содержание диссертации состоит из введения, четырех глав, вывода, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации 120 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Вводная часть** основывается на актуальности и необходимости темы диссертации, формулируются цели и задачи исследования, описываются объект и тематика, соответствие приоритетам развития науки и технологий республики, научной новизне и практическим результатам исследований, раскрыта теоретическая и практическая значимость полученных результатов, результаты исследования внедрены в практику, представлена структура опубликованных научных работ и диссертаций.

В первой главе диссертации, названной «Современные марки чугуна, используемые в машиностроении и металлургии», сделан литературный обзор, с точки зрения их областей применения были изучены и проанализированы химический состав износостойкого белого чугуна для литейных деталей используемых в среде абразивного износа. Изучено влияние элементов С, Cr в составе износостойких белых чугунов на износостойкость и образование свободных графитов. Проанализировано влияние легирующих элементов на механические и эксплуатационные свойства износостойкого белого чугуна.

На основании изучения и анализа процесса эксплуатации износостойких отливок, важных для металлургической, литейной и горнодобывающей промышленности, были сделаны следующие выводы:

На ряде предприятий республики отливки из износостойкого чугуна отливают в песчано-глинистых формах. Это замедляет охлаждение отливки, тем самым уменьшая и увеличивая количество центров кристаллизации в отливке;

Ферросплав FeCr 100А используется в качестве дорогостоящего легирующего элемента для улучшения свойств износостойкого белого чугуна, что привело к увеличению себестоимости отливок;

Наличие процесса ликвидации (неравномерного распределения элементов в единице объема) в отливках из износостойкого белого чугуна, привело к увеличению износостойкости деталей и резкому снижению механических и эксплуатационных свойств сплава.

Для решения этих проблем необходимо разработать следующие задачи:

Необходимо обеспечить механические и эксплуатационные свойства сплава за счет минимизации количества хрома, применения оптимальных норм литья и термообработки в используемом чугуна марки 280X29НЛ;

Для равномерного распределения упрочненной поверхности в процессе охлаждения износостойких отливок можно разработать схему размещения отливок в литейной форме, исходя из теплопроводности стенок кристаллизатора, тем самым улучшив механические и эксплуатационные свойства сплава.

Во второй главе диссертации названной **“Выбор объекта исследования и разработка методов исследования”**

образцы из износостойкого белого чугуна 280X29НЛ и из пяти новых марок, используемые для дробления руд на дробилках СЕМСО и БАРМАК в НМЗ НГМК как объект исследования, заливали в песчано-глинистые формы и определяли механические и микроструктурные свойства образцов (рис. 1).



**Рис.1. Образцы отлитые песчано-глинистым литьём**

Химический состав образцов, использованных для материалов исследования, был проанализирован в главной центральной лаборатории НМЗ НГМК на спектральном оборудовании модели «СПЕКТРОЛАБ-10М» (таблица 1). Кроме того, образцы из износостойкого белого чугуна в лабораторных условиях подвергались термообработке в муфельной печи СНОЛ 7.2 / 1100.

**Таблица 1**

**Анализ химического состава существующих и новых марок, используемых в НМЗ**

| Марка            | Элементы, % |      |      |       |       |      |      |      |       |       |
|------------------|-------------|------|------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|
|                  | C           | Si   | Mn   | Cr    | Mo    | Ti   | Ni   | Cu   | P     | S     |
| <b>280X29НЛ</b>  | 2,92        | 0,51 | 0,57 | 28,86 | 0,057 | -    | 1,54 | 0,2  | 0,067 | 0,032 |
| <b>280X17М2Л</b> | 2,87        | 1,18 | 0,89 | 16,53 | 2,07  | -    | 0,63 | 0,61 | 0,062 | 0,036 |
| <b>280X15ТДЛ</b> | 2,75        | 1,87 | 0,97 | 14,62 | 0,03  | 1,72 | 0,16 | 0,90 | 0,034 | 0,023 |
| <b>280X14МДЛ</b> | 2,75        | 0,99 | 0,67 | 13,88 | 0,80  | -    | 0,75 | 1,05 | 0,070 | 0,036 |
| <b>280X11ДЛ</b>  | 2,87        | 1,85 | 0,58 | 10,54 | 0,025 | -    | 0,16 | 0,81 | 0,078 | 0,044 |
| <b>270X18Г3Л</b> | 2,67        | 0,92 | 3,10 | 18,33 | 0,20  | -    | 0,49 | 0,48 | 0,052 | 0,014 |

Микроструктурные исследования проводились в Центре передовых технологий при Министерстве инновационного развития при помощи сканирующего электронного микроскопа СЕМ Zeiss EVO MA 10 образец был

увеличен от 100 до 2000 раз и в главной центральной лаборатории НМЗ НГМК при помощи микроскопа “МЕТАМ РВ-23”.

Белые износостойкие чугуны марок 280Х29НЛ, 280Х17М2Л, 280Х15ТДЛ, 280Х14МДЛ, 280Х11ДЛ и 270Х18Г3Л изучаемые как объект исследования были проверены на химический анализ, поверхностное распределение элементов, а также на микроструктурный анализ.

Были изготовлены специальные образцы для определения механических свойств износостойкого белого чугуна. Твердость образцов определяли на твердомере ТК-2М (таблица 2).

**Таблица 2**

**Механические свойства белого чугуна, используемого на НМЗ и недавно разработанного.**

| № | Марки чугунов | Твердость, HRC |
|---|---------------|----------------|
|   |               | Измеренный     |
| 1 | 280Х29НЛ      | 41 – 47        |
| 2 | 280Х17М2Л     | 46 – 48        |
| 3 | 280Х15ТДЛ     | 48 – 49        |
| 4 | 280Х14МДЛ     | 58 – 59        |
| 5 | 280Х11ДЛ      | 54 – 55        |
| 6 | 270Х18Г3Л     | 56 – 58        |

\* Примечание - Приведенные значения получены на основании нормативных документов.

В этой главе были изучены вторичная шихта и ферросплавы, используемые для изготовления износостойкого белого чугуна.

Были использованы металлографический количественный анализ образцов из износостойкого белого чугуна, анализ механических свойств, микрорентгеновый спектральный анализ фаз, элементный и химический анализ.

На основании обобщенных результатов определено влияние на механические и эксплуатационные свойства сплавов.

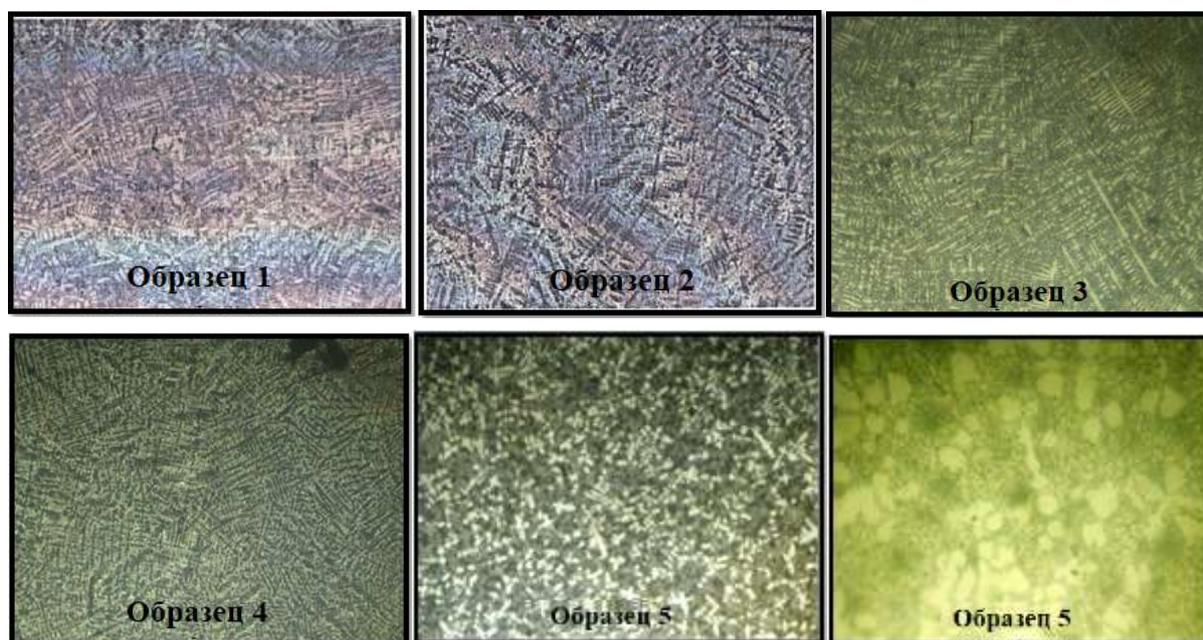
В третьей главе диссертации названной «Усовершенствование технологии плавки износостойкого белого чугуна марки 280Х29НЛ», за счет изменения химического состава отливки диска питания, не изменяя механических свойств сплава, НМЗ НГМК было предложено 5 вариантов образцов и на основе данного предложения была разработана шихта. Он был модифицирован элементами Al, Mg и Ti с целью повышения качества отливки и увеличения количества кристаллов в отливке.

Рекомендуется добавлять модификаторы в основном в печку, в разливочный канал печи или в ковш. Если элементы, добавляемые в сплав, являются активным элементом, то они должны быть введены в автоклаве.

После плавки сплава в индукционной печи ИСТ-0,4 в цехе «Плавки цветных металлов» завода НМЗ загружали модификатор 0,4-0,6% в зависимости от массы жидкого металла в печи. В качестве модификаторов использовались Al (40%), Mg (20%) и Ti (40%). Поскольку Mg является активным элементом, а температура плавки низкая, т.е. 650 ° С, его нельзя

загружать прямо в печь. Поэтому из-за веса, необходимого для использования его в качестве модификатора, был изготовлен специальный ящик из алюминия, в него поместили магний, и в жидкий металл вставили специальный алюминиевый ящик. Это гарантирует, что магний горит и хорошо смешивается с металлом. А титан был введен в печь прямо после очистки металла от шлака и процесс плавки образца составил 2:50 часов. Затем в качестве модификатора добавляли Al и Ti в ковш, нагретый до температуры 750-800 ° С, и сверху разливали жидкий металл из печи. Чтобы добавить магний в ковш, во второй нагретый ковш вводили магний, выдерживали в течение трех минут и отливали в песчано-глинистую форму.

При плавки предложенных 5 образцов модификаторы вводили в жидкий металл в этом порядке и отливали деталь диска питания, в песчано-глинистую форму.



**Рис.2. Микроструктура отлитых пяти новых марок износостойкого чугуна, 100X, 300X**

В данной главе в процессе плавки износостойкого белого чугуна марки 280X29НЛ и заливки сплава в песчано-глинистые формы сделаны следующие выводы:

1. Вместо износостойкого белого чугуна марки 280X29НЛ, была взята шихта с пятью различными химическими составами, разработан экономически недорогой качественный состав сплава без ухудшения механических свойств сплава.

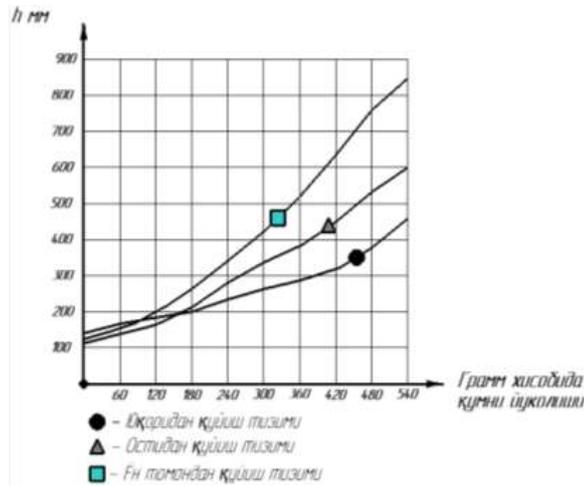
2. Mg, Ti и Al были выбраны в качестве модификаторов для улучшения литейных свойств износостойкого белого чугуна и обработаны в печи и в ковше. В результате сплав показал свое влияние на увеличение количества зерен кристаллизации, а также на структуру сплава.

3. С целью улучшения физико-механических и технологических свойств деталей диска питания, отлитых из 1-го образца, 2-го образца и 3-го образца, отлитого в песчано-глиняной форме, они были подвергнуты термической

обработке с целью повышения их эксплуатационных показателей.

**В четвертой главе диссертации «Разработка математической модели технологии литья в формы износостойкого белого чугуна»**

Рассмотрена задача математического моделирования процесса убыли песчаной массы при заливке жидкого металла в песчано-глиняные формы с разной высоты через разные литниковые системы (график 1).



**График 1. График потери массы песка в зависимости от высоты литья жидкого металла в песчано-глинистую форму с различными литниковыми системами**

В первом случае по результатам эксперимента строится интерполяционный полином Лагранжа для случая, когда жидкий металл заливается в песчано-глинистую форму сверху. То есть задача сведена к системе алгебраических уравнений, где функция определения потери массы песка в соответствии с изменением высоты заливки жидкого металла с определением неизвестных коэффициентов выражена в полиномиальной форме..

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

Из системы уравнения (1) n=6, тогда Векторное уравнение будет в виде,

$$\begin{bmatrix} 1 & h_1 & h_1^2 & \dots & h_1^7 \\ 1 & h_2 & h_2^2 & \dots & h_2^7 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & h_7 & h_7^2 & \dots & h_7^7 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ \vdots \\ m_7 \end{bmatrix} \quad (2)$$

где,

$$h_1 = 1sm, h_2 = 1,6sm, h_3 = 2sm, h_4 = 3sm, h_5 = 5,1sm, h_6 = 7,7sm, h_7 = 8,5sm \quad [\times 10],$$

$$m_1 = 0, m_2 = 60, m_3 = 120, m_4 = 210, m_5 = 360, m_6 = 480, m_7 = 540 \quad [gramm]$$

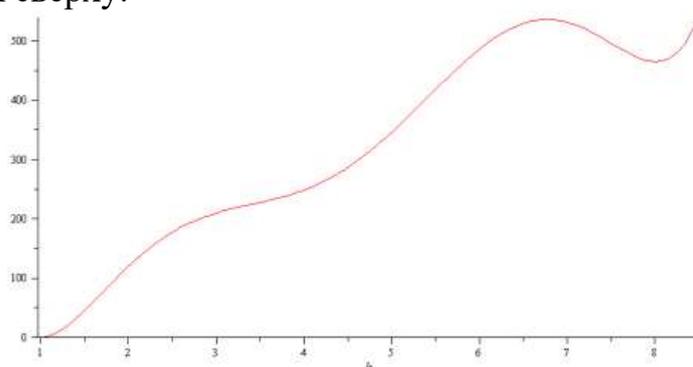
определяем корни системы алгебраических уравнений (2) ,

$$a_1 = 508,15449, a_2 = -1344,30144, a_3 = 1242,34661, a_4 = -495,64272, \\ a_5 = 98,57473, a_6 = -9,48234, a_7 = 0,35067$$

функция, определяющая потерю массы песка при изменении высоты заливки жидкого металла, выглядит следующим образом:

$$m(h) = 508,15449 - 1344,30144h + 1242,34661h^2 - 495,64272h^3 + \\ + 98,57473h^4 - 9,48234h^5 + 0,35067h^6 \quad (3)$$

Функция (3) полностью определяет потерю массы песка, изменяя произвольную высоту заливки жидкого металла для случая, когда жидкий металл заливается сверху.



**График 2. График потери песка при увеличении высоты заливки жидкого металла**

В этой главе были сделаны следующие выводы:

1. В процессе плавки износостойкого белого чугуна в песчано-глинистые формы изучалось влияние потери формовочного песка и качества отливки при заливке жидкого сплава через литниковые системы сверху, снизу и с боку.

2. По результатам эксперимента было обнаружено, что при литье сбоку уменьшается дополнительный расход металла и потери материала формы при литье диска питания.

3. Исходя из перехода жидкого металла от турбулентного течения к ламинарному, была выбрана система бокового литья.

4. Используя данные, полученные на основе эксперимента, можно определить последующие результаты определения без проведения экспериментов с использованием полиномов.

5. Рассчитан коэффициент теплоотдачи в форме при литье износостойкого белого чугуна в песчано-глинистых формах.

6. Было исследовано, что можно получить равномерно мелкозернистую распределенную мелкозернистую структуру отливки диска питания за счет более быстрого охлаждения и математического выражения коэффициента теплоотдачи.

## **ВЫВОДЫ**

1. Разработана технология плавки, основанная на введении в печь дополнительных химических элементов, обеспечивающих износостойкость сплава 280Х29НЛ. Этот сплав используется для разработки технологии загрузки химических элементов в печь.

2. Для повышения твердости и износостойкости сплава 280X29НЛ была разработана степень зависимости хрома от его дисперсности при плавки. Это служит для обеспечения равномерного распределения элементов в сплаве.

3. На основе динамики износа в абразивной среде вместо износостойкого белого чугуна марки 280X29НЛ были разработаны следующие 5 марок: 1) 280X17М2Л; 2) 280X15ТДЛ; 3) 280X14МДЛ; 4) 280X11ДЛ; 5) 270X18Г3Л. Это позволяет использовать в производственных условиях ресурсосберегающие марки белого чугуна.

4. В процессе плавки белого чугуна в индукционной печи разработана технология модификации с использованием элементов Mg, Al и Ti. Он используется при разработке технологий для улучшения свойств белого чугуна при плавке.

5. Была разработана технология литья в ковш, которая обеспечивает повышенную эффективность белого чугуна после модификации с использованием элементов Mg и Ti. Это дает возможность экономить модификаторы.

6. Разработанная технология литья новой марки белого чугуна основана на регулировании интенсивности кристаллизации сплава внутри формы. Это позволяет нормализовать распределение твердости на поверхности трения.

7. Схема размещения диска питания в литейной форме, обеспечивающая равномерное распределение износостойкости по упрочняемой поверхности в процессе охлаждения отливки, разработана исходя из уровня теплопроводности стенок кристаллизатора. Это служит для выбора элемента формы.

8. Вместо износостойкого белого чугуна марки 280X29НЛ была введена новая марка белого чугуна. Использование новой марки износостойкого белого чугуна позволило увеличить срок службы диска питания с 45-46 часов до 53-54 часов.

9. Внедрена технология литья в литейную форму новой марки износостойкого белого чугуна. Внедрение разработанной технологии позволило повысить твердость рабочей поверхности отливки на 22-24%.

10. При охлаждении отливки внедрена схема размещения диска питания в литейной форме, обеспечивающая равномерное распределение по упрочняемой поверхности. Внедрение разработанной схемы позволило повысить износостойкость литых деталей в тонкой части рабочей поверхности на 10-12%.

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

---

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

**SAIDMAKHAMADOV NOSIR MUYSINALIEVICH**

**DEVELOPMENT OF ALLOY MELTING TECHNOLOGY  
280X29NL FOR INCREASING HARDNESS  
AND WEAR RESISTANCE OF CASTING ALLOYS**

**05.02.01 – “Materials science in mechanical engineering. Casting. Thermal and pressure treatment of metals. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals. Technology of rare, valuable and radioactive elements (direction of foundry and metalworking)”**

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

**Tashkent – 2021**

**The theme of the dissertation of the Doctor of Philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2020.2.PhD/T1590**

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 and English (resume)) on the Scientific council website ([www.tstu.uz](http://www.tstu.uz)) and on the website of “ZiyoNet” information and educational portal ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net))

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Scientific supervisor:</b> | <b>Turakhodjaev Nodir Djakhongirovich</b><br>doctor of technical sciences, professor   |
| <b>Official opponents:</b>    | <b>Norkhudjaev Fayzulla Ramazanovich</b><br>doctor of technical sciences, professor<br><b>Atadjanov Gafur Latipovich</b><br>Candidate of Technical Sciences, Associate Professor |
| <b>Leading organization</b>   | <b>Andijan Mashine building institute</b>  |

The defense of the dissertation consists of «29» december 2021 at 11<sup>00</sup> hours at a meeting of the Scientific Council № DSc.03/30.12.2019.T.03.04 under the Tashkent State Technical University of Uzbekistan. (Address: 100095, Tashkent, st. University 2. Tel./fax: (99871) 227-10-32; e-mail: [tadqiqotchi@tdtu/uz](mailto:tadqiqotchi@tdtu/uz))

The dissertation can be found at the Information Resource Center of the Tashkent State Technical University (registration number № 235). (Address: 100095, Tashkent, st. University 2. Tel./fax: (99871) 227-10-32)

The abstract of the dissertation is distributed on «17» december in 2021.  
(meeting report № 132 on «17» december in 2021).

**K.A.Karimov**

Chairman of scientific council for the award of the scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

**Sh.B.Tashbulatov**

Scientific secretary of the scientific council for the awarding degree, doctor of philosophy in technical sciences

**N.S.Dunyashin**

Chairman of the scientific seminar at the scientific council for the award of the scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of the thesis of the Doctor of Philosophy (PhD))

**The purpose of the study.** Development of melting technology that ensures the hardness and wear resistance of the 280X29NL alloy

### **Research objectives:**

- development of a melting technology that ensures wear resistance of the 280Kh29NL alloy;
- development of melting alloy grade 280X29NL based on the effect of a thermal process on alloying elements to increase rigidity and wear resistance;
- based on the analysis of the chemical composition, structure and properties of the used alloy 280X29NL, to develop the chemical composition of a new wear-resistant white cast iron without reducing its mechanical properties;
- to increase the number of crystallization centers of the alloy by adding modifiers to the furnace and ladle in the process of melting the alloy and obtaining a fine-grained, evenly distributed casting;
- development of a technology for accelerating the crystallization of a casting due to faster cooling of the alloy in a casting mold;
- development of a scheme for placing an alloy in a casting mold for uniform distribution of the surface to be hardened during the cooling of the casting.

**Research object** wear – resistant white cast iron grade 280X29NL was chosen.

**The subject of research** - the patterns of changes in the structure and operational properties of wear-resistant white cast iron, depending on the composition, structure of parts made of wear-resistant white cast iron and an increase in the number of crystallization centers, the technology of producing castings and changes in the properties of wear-resistant white cast iron using heat treatment serve.

**Research methods.** In the course of the research, the following were used: to determine the temperature of the alloy, a Positherm thermocouple was used, to determine the chemical composition of the alloy, the device "SPEKTROLAB - 10M" was used, to determine the hardness of the alloy, the measuring device TK - 2M was used, to determine the impact toughness, the device MK - 3M, for To analyze the microstructure of the alloy, a METAM RV-23 microscope was used; to determine the hardness of the phases, a PMT-3 microhardness tester and a Zeiss EVO MA 10 scanning electron microscope (Carl Zeiss).

### **The scientific novelty of the research:**

- smelting technology providing wear resistance of 280X29NL grade is developed on the basis of heat exchange process;
- to increase the hardness and wear resistance of the 280X29NL alloy, the dependence of the amount of chromium on the thermal process was developed during the melting period;
- on the basis of the dynamics of wear in an abrasive environment, instead of wear-resistant white cast iron grade 280X29NL, the following 5 grades were developed: 1) 280X17M2L; 2) 280X15TDL; 3) 280X14MDL; 4) 280X11DL; 5) 270X18G3L;

- a modification technology has been developed using the elements Mg, Al and Ti in the process of melting wear-resistant white cast iron in an induction furnace;

- the developed technology of casting a new grade of wear-resistant white cast iron is based on the regulation of the intensity of the rates of crystallization of the alloy in the mold;

- the layout of the power disk in the mold, which ensures uniform distribution of the wear resistance of the surface to be hardened during the cooling of the casting, is based on the level of thermal conductivity of the mold walls.

#### **Practical implications of the study:**

- a technology for alloying 280X29NL has been developed based on the introduction of additional chemical elements into the furnace to ensure the wear resistance of the alloy, new grades of wear-resistant white cast iron have been developed;

- in the process of melting wear-resistant white cast iron in an induction furnace, a technology for modification in a furnace and in a ladle using the elements Mg, Al and Ti has been developed, thereby a technology has been developed to increase the service life of a feed disk obtained by casting from wear-resistant white iron.

#### **Implementation of research results.**

According to the results of the development of the technology for melting alloy 280X29NL to increase the hardness and wear resistance of cast products:

Instead of wear-resistant white cast iron grade 280X29NL, a new grade of white cast iron was introduced at the Navoi Machinery Plant of the Navoi Mining and Metallurgical Combine (NMMC certificate №. 10.02 - 07 - 01/5149 dated April 14, 2021). As a result, the lifespan of the power supply has been increased from 45 to 46 hours to 53 to 54 hours.

A new technology of casting into foundry molds from a developed new grade of wear-resistant white cast iron was introduced at the Navoi Machinery Plant of the Navoi Mining and Metallurgical Combine (NMMC reference №. 10.02 - 07 - 01/5149 dated April 14, 2021, №. 10.02 - 07 - 01/5149). As a result, the introduction of the developed technology made it possible to increase the hardness of the working surface of the casting by 22-24%.

A scheme for placing a power disk in a casting mold has been introduced, which ensures uniform distribution of the hardening surface when cooling the casting at the Navoi Machinery Plant of the Navoi Mining and Metallurgical Combine (NMMC certificate №. 10.02 - 07 - 01/5149 dated April 14, 2021, №. 10.02 - 07 - 01 / 5149). As a result, the implementation of the developed scheme made it possible to increase the wear resistance in the thin part of the working surfaces of cast parts by 10-12%.

**The structure and scope of the dissertation.** The content of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a bibliography and annexes. The volume of the thesis is 120 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I – бўлим (I – часть; I – part)**

1. Turakhodjaev N.Dj., Saidmaxamadov N.M. Important features of casting systems when casting alloy cast irons in sand – clay molds // *ACADEMICIA An International Multidisciplinary Research Journal* ISSN: 2249-7137 Vol. 10, Issue 5, May 2020 Impact Factor: SJIF 2020 = 7.13. P. – 1573 – 1580 (05.00.00; №5)

2. Turakhodjaev N.Dj., Saidmaxamadov N.M., Zokirov R.S., Odilov F.U., Tashkhodjaeva K.U. Analysis of defects in white cast iron // *International Scientific Journal Theoretical & Applied Science* p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online) Year: 2020 Issue: 06 Volume: 86 Published: 30.06.2020 <http://T-Science.org>. P. – 675 – 682 (05.00.00; №6)

3. Turakhodjaev N., Odilov F., Zokirov R., Saidmaxamadov N. Development of composition of wear-resistant white pig iron with a stable structure obtained by the casting method // *ACADEMICIA An International Multidisciplinary Research Journal* ISSN: 2249-7137 Vol. 10, Issue 7, July 2020 Impact Factor: SJIF 2020 = 7.13. P. – 17 – 23 (05.00.00; №7)

4. Turakhodjaev N., Saidmaxamadov N., Odilov F., Zokirov R., Turaev A. Analysis of the chemical composition and microstructure of white cast iron // *EPRA International Journal of Multidisciplinary Research (IJMR) - Peer Reviewed Journal* Volume: 6 | Issue: 8 | August 2020 || Journal DOI: 10.36713/epra2013 || SJIF Impact Factor: 7.032 || ISI Value: 1.188. P. – 497 – 502 (05.00.00; №8)

5. Turakhodjaev N.Dj., Saidmaxamadov N.M., Odilov F.U., Khaydarov U.Ya., Mirzaumidov A.Sh. Development Of Technology To Increase The Brittleness Of Cast Parts Made Of Alloyed White Cast Iron // *Solid State Technology* Volume: 63 Issue: 6 Publication Year: 2020. *Archives Available @ [www.solidstatetechnology.us](http://www.solidstatetechnology.us)*. P. – 12162 – 12169 (05.00.00; №6)

6. Н.Д.Тураходжаев., Ф.У.Одилов., Н.М.Саидмахамадов., Р.С.Зокиров., С.А.Турсунбаев. Майдалагич (дробилка) ларнинг юқори ишқаланиш шароитида ишлайдиган оқ чўндан тайёрланган қисмларининг ейилишбардошлигини ошириш технологияси ишлаб чиқиш // *О‘zbekiston Kompozitsion materiallar Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali* ISSN: 2091 – 5527 №3/2020. Б. – 251 – 256 (05.00.00; №3)

7. Turakhodjaev N., Saidmakhamadov N., Turakhujaeva Sh., Odilov F., Turakhodjaeva F., Akramov M., Asatov S., Turaev A. Development of Technology for Obtaining a High-Quality Alloy // *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology* Vol. 7, Issue 10 , October 2020. P – 15347 – 15354 (05.00.00; №7)

8. N. Turakhodjaev., N.Saidmakhamadov., Sh. Turakhujaeva., M. Akramov., A.Turakhujaeva., F.Turakhujaeva. Effect of metal crystallation period on product quality // *International Scientific Journal Theoretical & Applied Science* p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online) Year: 2020 Issue: 11

Volume: 91 Published: 07.11.2020 <http://T-Science.org>. P. – 23 – 31 (05.00.00; №11)

9. Turakhodjaev N., Saidmakhamadov N., Abdullaev Kamolkhon. The Manufacture Technology of Sand Castings // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 7, Issue 11, November 2020. P. – 15839 – 15844 (05.00.00; №11)

10. Turakhodjaev N.D., Saidmakhamadov N.M., Abdullaev K. Kh., Saidkhodjaeva Sh.N., Toshmatova Sh.T. Analysis Of The Effect Of Chromium Content On The Mechanical Properties Of White Cast Iron // The american journal of engineering and technology (Tajet) SJIF-5.705 DOI-10.37547/tajet Volume 3 Issue 01, 2021 ISSN 2689-0984 The USA Journals, USA [www.usajournalshub.com/index.php/tajet](http://www.usajournalshub.com/index.php/tajet). P. – 65 – 76 (05.00.00; №1)

11. N. Turakhodjaev., N. Saidmakhamadov., F. Abdullaev., Sh. Turakhujaeva., Z. Bobodustov., U. Rakhmanov., F. Odilov. Development Of A New Brand Of Alloy Instead Of 280X29NL Brand Spreadable Cast Alloy // The American Journal of Engineering and Technology (ISSN – 2689-0984) Published: March 25, 2021 | Pages: 36-43 Doi: <https://doi.org/10.37547/tajet/> Volume03 Issue 03-06 IMPACT FACTOR 2021: 5. 705 OCLC – 1121105677. P. – 36 – 43 (05.00.00; №3)

12. Turakhodjaev N., Saidmakhamadov N., Turakhujaeva Sh., Khaltursunov E., Turakhujaeva A., Akramov M. Development Of Technology To Increase Resistance Of High Chromium Cast Iron // The American Journal of Engineering and Technology (ISSN – 2689-0984 Published: March 31, 2021 | Pages: 85-92 Doi: <https://doi.org/10.37547/tajet/Volume03Issue03-14> IMPACT FACTOR 2021: 5. 705 O CLC – 1121105677. P. – 85 – 92 (05.00.00; №3)

13. Turaxodjaev N., Saidmakhamadov N., Saidkhodjaeva Sh., Odilov F., Kholmiraev N., Bekchanova V. DEVELOPMENT OF 280X29NL ALLOY LIQUEFACTION TECHNOLOGY TO INCREASE THE HARDNESS AND CORROSION RESISTANCE OF CAST PRODUCTS // IJMAM International journal of mechatronics and applied mechanics. ISSN 2559 – 4397. Issue 10/2021, Vol. I. P. – 154 – 159 (05.00.00; №10)

## **II – бўлим (II – часть; II – part)**

14. С.А.Расулов., Ш.Н.Саидходжаева., Н.М.Саидмахамадов., Д.Т.Рахимбердиев. Қуймалар учун оптимал шихтани ҳисоблаш // “Инновацион техника ва технологияларнинг қишлоқ хўжалиги – озиқ – овқат тармоғидаги муаммо ва истиқболлари” мавзусидаги халқаро илмий ва илмий-техник анжумани Илмий ишлар тўплами 24 – 25 апрель, 2020 йил Тошкент. Б.-97-100

15. Н.Д.Тураходжаев., Ф.У.Одилов., Р.С.Зокиров., С.А.Турсунбаев., Н.М.Саидмахамадов. Влияние структуры чугуновых сплавов на износостойкость // Международная Узбекско-Белорусская научно-техническая конференция Композиционные и металлополимерные

материалы для различных отраслей промышленности и сельского хозяйства  
Сборник докладов и тезисов 21-22 мая 2020 г. Ташкент – 2020. С.-162-164

16. Н.Д.Тураходжаев., Ш.Б.Ташбулатов., Р.С.Закиров.,  
Н.М.Саидмахамадов., М.Х.Кучкарова., Ф.Н.Тураходжаева. Использование  
медеплавильного шлака в производстве цементов общестроительного  
назначения.// Специальный выпуск посвященный Международной Узбекско-  
Белорусской научно-технической конференции Композиционные и  
металлополимерные материалы для различных отраслей промышленности и  
сельского хозяйства 21-22 мая Ташкент – 2020. С.-150-152

17. Саидмахамадов Н.М., Абдуқаҳҳоров И.С. 280X29НЛ маркали  
ейилишбардошли қуйма қотишма ўрнига янги маркали қотишма ишлаб  
чиқиш // “Қуймакорлик ишлаб чиқариш соҳасида ресурс ва энергиятежамкор  
инновацион технологиялар” мавзусидаги халқаро миқийсдаги илмий ва  
илмий-техник анжуман 13-15 апрель, 2021, Тошкент. Б.-207-211

18. Saidmakhamadov N.M., Begmatov D.K., Abduqahharov I.S. Develop-  
ment of 280X29NL alloy liquefaction technology to increase the hardness and cor-  
rosion resistance of cast products // International scientific and scientific-technical  
conference on “Resource and energy-saving innovative technologies in the field of  
foundry” April 13-15, 2021, Tashkent. P.-128-131

19. Н.М. Саидмахамадов., У. Аъзамова. 280X29НЛ маркали қотишмани  
ёйилишбардошлилиги ошириш ва янги марка ишлаб чиқиш //  
**“Машинасозликда инновациялар, энергиятежамкор технологиялар ва  
ресурслардан фойдаланиш самарадорлигини ошириш”** мавзусида  
Халқаро миқийсдаги илмий – амалий конференция материаллари тўплами 1-  
қисм Наманган шаҳри 28-29 май 2021 йил. Б.-147-151

20. Н.Д.Тураходжаев., Н.М.Саидмахамадов. Определение зависимости  
структуры чугуновых сплавов на износостойкость // Международная научно-  
техническая конференция Литьё и металлургия 2021. Сборник докладов и  
тезисов 16-18 ноября 2021 г. Минск – 2021, С.-56-57.

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

Бичими 60x84<sup>1/16</sup>. «Times New Roman» гарнитураси.  
Рақамли босма усулида босилди.  
Шартли босма табағи: 2,75. Адади 80. Буюртма № 79/21

“Тірографф” МЧЖ босмахонасида чоп этилди.  
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси 83 – уй