

**ИСЛОМ КАРИМОВ** номидаги **ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА  
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ  
УНИТАР КОРХОНАСИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**АНДИЖОН МАШИНАСОЗЛИК ИНСТИТУТИ**

**БАЙМИРЗАЕВ АКБАРЖОН РУСТАМЖАН ЎҒЛИ**

**ТЕМИР – КОМПОЗИТ МАТЕРИАЛЛАРНИ САМАРАЛИ ТАРКИБИНИ  
ВА УЛАР АСОСИДА ПОДШИПНИКНИНГ ХАЛҚА ДЕТАЛЛАРИНИ  
ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва  
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва қимматбаҳо металлар металлургияси  
(техника фанлари)**

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

**Тошкент – 2022**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)**

**Баймирзаев Акбаржон Рустамжан ўғли**

Темир – композит материалларни самарали таркибини ва улар асосида подшипникнинг халқа деталларини олиш технологиясини ишлаб чиқиш..... 3

**Баймирзаев Акбаржон Рустамжан угли**

Разработка эффективного состава железо-композиционных материалов и технология получения кольцо деталей подшипника на их основе..... 19

**Baymirzaev Akbarjon Rustamjan o'g'li**

Development of an effective composition of iron-containing composite materials and a technology for the manufacture of ring bearing parts based on them ..... 35

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works..... 38

**ИСЛОМ КАРИМОВ** номидаги **ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА  
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ  
УНИТАР КОРХОНАСИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**АНДИЖОН МАШИНАСОЗЛИК ИНСТИТУТИ**

**БАЙМИРЗАЕВ АКБАРЖОН РУСТАМЖАН ЎҒЛИ**

**ТЕМИР – КОМПОЗИТ МАТЕРИАЛЛАРНИ САМАРАЛИ ТАРКИБИНИ  
ВА УЛАР АСОСИДА ПОДШИПНИКНИНГ ХАЛҚА ДЕТАЛЛАРИНИ  
ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва  
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва қимматбаҳо металлар металлургияси  
(техника фанлари)**

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

**Тошкент – 2022**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертация мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.4.PhD/T2290 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Андижон машинасозлик институтида бажарилган.

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

**Илмий раҳбар:**

**Тожибоев Бегижон Мамитжонович**  
техника фанлари номзоди, доцент

**Расмий оппонентлар:**

**Абед Нодира Сойибжоновна**  
техника фанлари доктори, профессор

**Каршиев Мамарайим**  
техника фанлари номзоди, доцент

**Етакчи ташкилот:**

**Фарғона политехника институти**

Диссертация ҳимояси Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети “Фан ва тараққиёт” ДУК ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01. рақамли Илмий кенгашнинг 2022 йил «18» февраль соат 14<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100174, Тошкент шаҳри, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а-уй. Тел: (+99871) 246-39-28; факс: (+99871) 227-12-73. E-mail: [fan\\_va\\_taraqqiyot@mail.ru](mailto:fan_va_taraqqiyot@mail.ru), [www.gupft.uz](http://www.gupft.uz) “Фан ва тараққиёт” ДУК биноси, 2-қават, анжуманлар зали (онлайн)).

Диссертация билан “Фан ва тараққиёт” ДУКнинг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№34 рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100174, Тошкент шаҳри, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а-уй. Тел: (+99871) 246-39-28; факс: (+99871) 227-12-73.

Диссертация автореферати 2022 йил «31» январь куни тарқатилди.  
(2021 йил «15» декабрдаги №34-21 рақамли реестр баённомаси).

**С.С. Негматов**

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

**М.Э. Икратова**

Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш котиби, т.ф.д., к.и.х.

**А.М. Эминов**

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

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

**Диссертация мавзуининг долзарблиги ва зарурияти.** Дунёда металлургия ва машинасозлик саноати иқтисодиётни ривожига улкан хисса қўшувчи соҳалардан биридир. Замонавий машинасозлик саноатини ривожланишида машина ва механизмларнинг ички қисмларига бўлган талаб кун сайин ортиб бормоқда. Бу борада, ишлаб чиқаришнинг турли соҳалари учун жаҳон талабларига мос, рақобатбардош ва импорт ўрнини босадиган маҳсулотларни яратиш, машиналар ва механизмларнинг янги такомиллашган қисмларини олиш усуллари ва ишлаб чиқишнинг такомиллашган технологияларни яратиш муҳим аҳамият касб этади.

Жаҳонда ривожланган мамлакатлар, жумладан АҚШ, Германия, Япония, Россия, Хитой, Туркия ва бошқа мамлакатларда машина ва механизмларнинг эксплуатацион ишончилигини таъминлашда юқори самарали подшипник деталларидан мақсадли фойдаланиш ва деталларни қуйиш орқали олишнинг самарали усуллари ишлаб чиқиш ва такомиллаштириш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада, жумладан, технологик жиҳозлар ишчи сиртлари винтсимон транспортёрларини олиш усуллари яратиш, шнеклар, майда ва йирик чиқиндилардан тозаловчи барабанларнинг айлантирувчи қисмларида қўлланиладиган подшипникларни ишлаб чиқишда янги материалларни қўллаш ва шу маҳсулотларнинг асосини ташкил этувчи темир - композит материалларнинг самарали таркибини яратиш ва улар асосида маҳсулотлар олишда ресурс тежамкор технологияни ишлаб чиқишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда подшипникларни тайёрлашда механик ишлов бериш ва маҳсулотлар олиш кенг йўлга қўйилган бўлиб, маҳаллий хом ашёлардан олинадиган металл композицион материалларини қўллаш, ресурс тежамкорликни таъминловчи мавжуд технологияларни такомиллаштириш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. 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»<sup>1</sup> бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, жумладан машинасозликда қўлланиладиган подшипниклар учун маҳаллий хомашё ва энергетик ресурслардан оқилона фойдаланиб, темир-композит материалларидан сифатли маҳсулотлар олиш усуллари ишлаб чиқиш, қуйма усулда олинаётган маҳсулотларнинг дизайни ва таннархини дунё стандартларига мослаштириш, маҳаллий хом ашёларни қўллашда ресурстежамкор технологияларни ишлаб чиқиш муҳим аҳамиятга эга.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича

---

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

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 йўналишларига боғлиқлиги.** Мазкур тадқиқот республикада фан ва технологиялар ривожланишининг II. “Энергетика, энергия ва ресурсларни тежаш” устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Материалшуносликда машина ва механизмларнинг ишчи қисмлари подшипникларни темир - композит материалларини вакуум остида қуйиш, ишлаб чиқиш технологиясини яратиш, қўллаш ва уларнинг хусусиятларини ўрганиш соҳасидаги илмий тадқиқотлар, қуйидаги олимлар томонидан амалга оширилди: У. Бригман, С. Ҳогмарк, О. Вингсбо, С.С. Негматов, М.А. Асқаров, С.Ш. Рашидова, А. Ибодуллаев, З.А. Таджиходжаев, А.В. Умаров, А.А. Рискулов, J.B. Campbell, D.L. Olson, М.С. Кенис, А.М. Гурьев, В.С. Биронт, А.А. Мухамедов, Ф.Р. Норхуджаев, Д.М. Бердиевларнинг илмий мактаблари бир қанча илмий изланишлар олиб бормоқда.

Мавжуд ишлар таҳлилига кўра, машинасозликда қўлланиладиган ШХ15 таркибли подшипник қисми темир таркибли композицион материалларнинг структурасини тадқиқ қилиш ва қуйма усулда олиш технологиясини ишлаб чиқиш ҳамда деталларини таннархини камайтириш билан боғлиқ бўлган муаммолар батафсил ёритилмаган. Мазкур диссертация ишида ушбу муаммоларни ечимига доир масалалар кенг ёритилиб берилган.

**Тадқиқотнинг диссертация бажарилган илмий- тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Андижон машинасозлик институтида илмий тадқиқот ишлари режаларига мувофиқ Ёшлар академияси томонидан “Бўлажак олим” танлови доирасида «Подшипник халқа материални маҳаллий шароитда олиш» (2021-2022 йй.) мавзусидаги лойиҳа доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** темир – композит материалларни самарали таркибини ва улар асосида подшипникнинг халқа деталларини олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

подшипник деталларини ишлаб чиқиш учун иккиламчи хомашёдан металл – композицияларнинг самарали таркибини яратиш, улардан қуйма усулда халқа деталини олиш имкониятларини тадқиқот қилиш;

подшипник металл – композиция материалларини кимёвий яхлитлиги, ҳамда зарбий қовушқоқлик кўрсаткичини ошириш машинасозликда ишлайдиган конструкцион материалларни экспериментал тадқиқотлашнинг

замонавий усул ва воситаларини ишлаб чиқиш;

подшипник металл – композиция материални индукцион печларда қуйиш ва қуймани жувалаш билан зичлигини ошириш, подшипник халқаларини тайёрлашда материалларнинг деформацияланиш хусусиятларига ва структуралари шаклланишига таъсирини аниқлаш;

подшипникнинг халқа детални қуйма эрувчан моделлар усулини вакуум остида қуйиш технологияси сифатида қўллаш;

импорт ўрнини босувчи маҳаллий хомашёлар асосида олинган темир-композиция материалдан ишлаб чиқарилган айлантирувчи подшипник халқа деталлари қўлланилгандаги техник-иқтисодий самарадорлигини баҳолаш;

математик моделлаштириш ва тадқиқот натижаларига ишлов бериш билан уларнинг ишончилигини таъминлаш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида иккиламчи металл, пўлатни қайта ишлаш чиқиндиси ва кимёвий модификаторлар, ферромарганец- $Fe_4Mn_3$ , феррохром- $FeCr$ , ферросилиций  $Fe_4Si_3$  лар олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** темир-композицион материални оптимал таркибини аниқлаш ҳамда улардан машина ва механизмларнинг ишчи қисмларини, подшипникларни олишнинг самарали технологиясини яратиб, пахтага дастлабки ишлов бериш корхоналарининг йирик габаритли технологик жиҳозларининг айланувчи қисмларини ишлашини таъминловчи айлантирувчи подшипниклар, пўлатни индукцион печларда қуйиш ва қуймани жувалаш билан зичлигини ошириш, подшипник халқаларини тайёрлашда индукцион печда қуйиш ва уларга механик ишлов бериш технологик жараёнларини ўрганиш ҳамда ишлаб чиқилган подшипникларни қўллаш имкониятлари ташкил этган.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертация ишини бажаришда ИК-спектроскопия, ДТА, ТСТ-анализлари, атом-куч микроскопия (АСМ) ва бошқа стандарт усуллари ҳамда воситалардан фойдаланилган.

**Тадқиқотининг илмий янгиллиги** қуйидагилардан иборат:

машинасозликда ишлатиладиган айлантирувчи подшипникларни ишлаб чиқаришда ишлатиладиган халқа қисмларини олиш учун иккиламчи металл чиқиндиларидан фойдаланган ҳолда самарали таркибга эга бўлган янги металл композицион материал яратилган;

яратилган янги металл композицион материал асосида подшипник қисмларини тайёрлаш технологияси ишлаб чиқилган;

импорт ўрнини босувчи подшипник металл композицион материалларидан маҳаллий шароитда подшипник қисмлари ишлаб чиқилган;

иккиламчи хомашёлардан босим остида қуйма усулда олинаётган подшипникнинг материалларини таркибини ва хоссаларини яхшилаш учун қўшиладиган тўлдирувчиларнинг оптимал таркиблари аниқланган;

олинган подшипник қисмлари машинасозлик агрегатларида қўлланилган ва самарадорлик кўрсаткичлари бўйича тавсиялар ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

машинасозлик саноатида ишлатиладиган подшипникларни халқа қисмларини ўрнини боса оладиган, иккиламчи металл чиқиндиларидан кимёвий таркиби бойитилган ҳолда тайёрланган, ишқаланишга чидамли ва

ейилишбардошли, хосса ва структурани намоён этадиган, энергетик ресурслардан оптимал фойдаланишни таъминлайдиган подшипник қисмларини маҳаллий шароитда босим остида олиш усули яратилган;

машинасозлик агрегатлари технологик жиҳозлар учун фойдаланиладиган подшипник халқа қисмларини олишда ишлатиладиган металл-композицион материалларнинг оптимал таркиблари, уларни олиш ва мақсадли қўллаш технологияси ишлаб чиқилган;

яратилган самарали таркибга эга бўлган металл-композицион материаллардан айлантирувчи подшипникнинг халқа қисмини олиш технологияси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** фойдаланилган стандарт қурилма ва усулларни қўллаш, шу орқали иккиламчи металл чиқиндиларидан ишчи қисм олиш усули, структуравий ва темир-композицион материаллар таркиблари микдорларини ЭҲМ дастурларини қўллаб, математик қайта ишлаш, олинган натижаларни баҳолаш ва уларни мавжуд натижаларга таққослаш билан асосланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти машинасозликда технологик жиҳозлар айланувчи қисмлари учун иккиламчи хомашёлар ва хоссаларини яхшилаш бўйича саралаб олинган тўлдирувчилар билан бойитилган босим остида қуйиш усули билан яратилган подшипник қисми темир-композицион материалларни механик ва эксплуатацион хусусиятларини ўрганиш ва намоён этиш билан технологик жиҳозлар ишлаш қобилиятини оширишни илмий асослаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти маҳаллий хомашё ва альтернатив энергия ресурсларидан фойдаланиб, металл чиқиндилардан юқори мустаҳкамликка, физик-механик ва эксплуатацион хусусиятларига эга бўлган металл композицион материаллар ва улардан подшипникларга халқа қисмларини ишлаб чиқилганлиги ҳамда улардан айлантирувчи подшипниклар олиб, машина ва механизмларнинг ишчи органларида ишлатилишига хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Темир – композит материалларни самарали таркибини ва улар асосида подшипникнинг халқа деталларини олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

антифрикцион-ейилишбардош металл-композицион материаллардан ишлаб чиқарилган подшипник халқалари ва шарикли подшипниклар Пискент пахта тозалаш заводида жорий этилган («ПАХТАСАНОАТ ИЛМИЙ МАРКАЗИ»нинг 2021 йил 14 декабрдаги 02-11/557-сон маълумотномаси). Натижада, ишчи органларнинг ишлаш қобилиятини ва маълум даражада ишнинг самарадорлигини ошириш, фойдаланиш вақтида қаршилиқни камайтириш ҳамда машина ва механизмларнинг кувват сарфини камайтириш имконини берган;

юқори физик-механик ва антифрикцион-ейилишбардошлик хусусиятларга эга бўлган металл-композицион материаллар Пискент пахта тозалаш заводида жорий этилган («ПАХТАСАНОАТ ИЛМИЙ МАРКАЗИ»нинг 2021 йил 14 декабрдаги 02-11/557-сон маълумотномаси).



Натижада подшипник халқаларини ейилишбардошлигини, мустаҳкамлигини ва умрбоқийлигини 2,0-2,5 мартага ошириш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари 3 республика илмий-техник ва 5 халқаро конференцияларида муҳокама қилинган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 13 та иш эълон қилинган. Шулардан 5 таси илмий мақола бўлиб, улар Ўзбекистон Республикаси Олий аттестатсия комиссияси томонидан тавсия қилинган илмий нашрларда 3 таси республика ва 2 таси хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан ташкил топган. Диссертация ҳажми 113 бетни ташкил этган.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида диссертация мавзу бўйича ўтказилган тадқиқотнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияси тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқот мақсади ва вазифалари шакллантирилган, объекти ва предметлари тавсифланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва асосий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Темир – композит материалларидан подшипник деталларини ишлаб чиқаришнинг ҳозирги ҳолати ва муаммолари**» деб номланган биринчи боби темир – композит материалларидан тайёрланадиган антифрикцион-ейилишбардошли деталлар ишлаб чиқиш масаласининг замонавий ҳолати ҳақидаги маълумотлар келтирилган. Бундай материаллардан асосан подшипник материалларини ишлаб чиқариш алоҳида ўрин тутиши таҳлил қилинган. Одатда бундай материаллар олиниш жараёни мураккаблиги, конструкцияси, олиниш усуллари турлича бўлганлиги сабаб турли ҳудудларда турлича кўринишда бўлади. Машинасозликда подшипник халқа деталларини олишда технологиялар ва жараёнлар бориш режимлари имкониятидан келиб чиқиб танлади.

Диссертация ишининг тадқиқот мақсади ва вазифаларини аниқлаш имконини берган, бу усулни танлашдан олдин подшипник халқа материали маркаси устида тадқиқот олиб борилди. Бунинг натижасида махсус маркали пўлат материали танлаб олинади. Бундай маркали пўлат материалини ишлаб чиқаришда танланган усул қуйма усулда подшипник халқа материалини олишда маҳаллий хомашё ва ресурслардан рационал фойдаланишда мақсадга мувофиқлиги асосланди.

Диссертациянинг «**Темир – композит материалларидан подшипник халқаларини олиш технологияларини тадқиқ қилиш усул ва воситалари**» деб номланган иккинчи бобида тадқиқот объекти, метод ва воситаларини танлаш асосланган.

Темир – композит материалларни самарали таркибини ва улар асосида подшипникнинг халқа деталларини олиш технологиясини ишлаб чиқиш имконини берадиган усулларининг мақсадга мувофиқлиги асосланган. Тадқиқот объекти сифатидаги қўймалар учун углеродга бой ва хром асосидаги композитлар ва тўлдирувчилар: ферросилиций, ферромарганец, феррохром ҳамда углеродли пўлат чиқиндилари олинди (1-жадвал).

1-жадвал

### Пўлат қуйиш даврида фойдаланиладиган материаллар

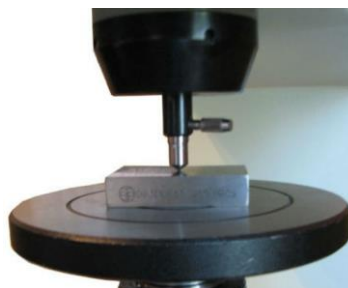
| Компонентлар         | Марка     | Элементларнинг масса улуши, % |                |                |                |             |                   |
|----------------------|-----------|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|-------------|-------------------|
|                      |           | Асосий                        | Угле-<br>род   | Крем-<br>ний   | Мар-<br>ганец  | Фос-<br>фор | Олтин-<br>гургурт |
| Пўлат<br>чиқиндилари | Турли хил |                               | 0,30 –<br>0,50 | 0,30 –<br>0,40 | 0,50 –<br>0,70 | ~0,06       | ~0,06             |
| Ферросилиций         | ФС 45     | 45,0                          | 0,50           | 45,00          | 0,60           | 0,05        | 0,02              |
|                      | ФС 75     | 75,0                          | 0,10           | 75,00          | 0,40           | 0,05        | 0,02              |
| Ферромарганец        | ФМн 0,5   | 85,00                         | 0,50           | 2,00           | 85,00          | 0,30        | 0,03              |
|                      | ФМн 1,5   | 85,00                         | 1,50           | 2,50           | 85,00          | 0,30        | 0,03              |
|                      | ФМн 75    | 75,00                         | 7,00           | 1,00           | 75,00          | 0,45        | 0,30              |
| Феррохром            | ФХ015Б    | 65,00                         | 0,15           | 1,50           | -              | 0,05        | 0,03              |
|                      | ФХ050Б    | 65,00                         | 0,50           | 2,00           | -              | 0,05        | 0,03              |
|                      | ФХ020Б    | 67,00                         | 2,00           | 2,00           | -              | 0,05        | 0,04              |

Танланган подшипник халқаларини маҳаллий шароитда иккиламчи хомашёлардан фойдаланган ҳолда темир – композит материални олишда танланган алтернатив материал ШХ15 маркали пўлат материали танланди.

Тадқиқот жараёнида темир – композит материалларнинг анализлари, деформация, мустаҳкамлик, қаттиқлик, триботехник, коррозиябардош хоссаларни аниқлашнинг стандарт усуллари ва воситалари асосида ўрганилган.

- НРС-микротақтиқлик: 62-65;
- $\sigma_{0,2}$  – оқувчанлик чегараси 1670 МПа;
- $\sigma_b$  – чўзилишга чидамлиги 2160 МПа;
- КСУ зарбий қовушқоқлик 5 Дж/см<sup>2</sup>;

синов лабораторияси жиҳозларида стандартлашган усул ва воситалар билан аниқланди. Натижалар хатолиги 3% дан кам миқдорда кафолатланган.



а)

б)

а-Solaris CCD Plus спектрометр дастгоҳи ёрдамида кимёвий таркибни аниқлаш,  
б-Қаттиқликни ўлчаш – Роквелл методи

**1-расм. Материал кимёвий таркиби ва қаттиқлик ўлчаш восита ва методлари**

Экспериментларни ўтказишда турли детал наъмуналари ва уларнинг турли нуқталарида тадқиқот ишлари амалга оширилди.

Тадқиқ қилинган темир – композит материали таркиблари ва эксплуатацион хоссалари оптималлаштириш ва тадқиқот натижаларини қайта ишлаш давомида қуймаларни қайта қуйишда йўқотишлар жадвали махсус ишлаб чиқилди.

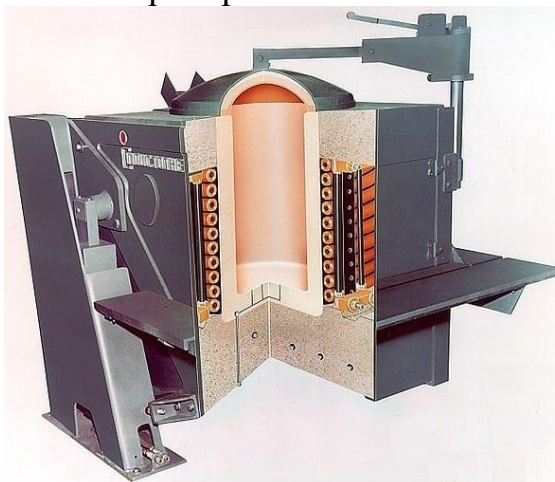
Диссертациянинг «Махаллий ва иккиламчи хомашёлардан темир – композит материалларидан подшипник деталларини олиш технологиясини ишлаб чиқишнинг назарий ва технологик асослари» деб номланган учинчи бобида печ танлаш ва иккиламчи хомашёларни масса қисм бўйича тайёрлаш кўзда тутилган. Саноатда пўлат қуймаларини олишнинг кенг миқёсда тарқалган усули индукцион печларда олиш ҳисобланади. Бундан ташқари турли хил печларда ҳам пўлат қуймаларни олиш мумкин. Печлар турига қараб, қайта эритилганда материал таркибидаги металлларнинг йўқотишлар миқдори ҳам турли хил даражаларда бўлади.

2-жадвал

**Пўлат ишлаб чиқаришда қуйиш жараёнида чиқинди ва бошқа элементларнинг йўқотишлар жадвали**

| Қуйиш агрегатлари<br>Номлари                             | Металларни қуйишда масса қисмлари<br>бўйича йўқотишлар % |
|--|--|
|  | Ўртача кўрсаткичлар                                      |
| Мартенли печлар  | 6 – 8  |
| Электрпечлар   | 4 – 5  |
| Бессемор конвертори                                      | 16 – 18  |
| Дуплекс-жараён (мартенли печ<br>ва электрпечлар)         | 6 – 7  |
| Триплекс-жараён (вагранка –<br>конвертор – электрпечлар) | 18 – 20  |
| Индукцион печлар   | 2 – 3  |

2-жадвалдан кўриниб турибдики, қуйиш даврида энг кам йўқотишлар индукцион печларда амалга оширилар экан.



**2-расм. Танланган индукцион печ чизмаси**

2-расмга асосан, ШХ15 маркали пўлатга алтернатив темир – композит материални қуйиб олиш учун индукцион пўлат эритиш печини танладик.

Тадқиқот даврида икки хил қуйиш усулидан фойдаландик. Бу қуйиш усулларига оддий ва вакуум остидаги усуллари танланган. Сабаби икки усулда ҳам фарқли наъмуналар олинганлиги аниқланди. Оддий усулга нисбатан вакуум остида олинган наъмуналар сифати юқори кўрсаткичларга эга бўлди.

Шихтанинг асосий таркибий қисмлари иккиламчи шарико подшипникни (отход) чиқиндилари, 10% - 20% углеродли пўлатлар чиқиндилари, феррохром, ферросилиций, майдаланган кокс кукуни ёки писта кўмир, охак тош. Ферромарганец ва ферросилиций эритмадаги марганец ва кремнийни деоксидациялаш ҳамда тобига келтириш, легирлаш учун ишлатилади (3-жадвал).

3-жадвал

### Қайта қуйиш даврида қуйиш ва йўқотишлар жадвали, %

| Элемент  | Эритишдаги йўқотишлар | Қўшимча элемент тури      | Қўшимчалар қўшиш даври |
|----------|-----------------------|---------------------------|------------------------|
| Углерод  | 10 – 25               | Углерод пўлат чиқиндилари | Қуйма бошланишида      |
| Кремний  | 40 – 60               | Ферросилиций              | Қуйма охирида          |
| Марганец | 25 – 50               | Ферромарганец             | Қуйма охирида          |
| Хром     | 10 – 15               | Феррохром                 | Қуйма охирида          |

Шихтани ҳисоблаш даврида элементларни печларда қайта қуйиш учун уларни қуйиш ва йўқотишлар жадвали ишлаб чиқилди.

3 – жадвалдаги натижалар ёрдамида иккиламчи хом ашёлар асосида қуйма детал олишда фойдаланиш мумкин бўлади. Бундан ташқари ушбу жадвал орқали қуйиш даврининг қайси даврида қўшимча материаллар қўшиш мумкинлигини қўриш мумкин. Бу жадвал тадқиқот синов натижалари асосида тузилган бўлиб, барча шундай жараёнларда фойдаланиш мумкинлиги асосланган. Қуйма олишда йўқотишлар борлиги кузатилди ва бу кимёвий элементлар миқдори билан боғлиқ экан.

Саралаш ва кимёвий таркиблар миқдорларини ўрганиш давомида натижалар рўйхат сифатида тўлдириб борилди. Бунда сараланган детал чиқиндилари орасидан имкон қадар бир хил турдаги чиқинди металллар танлаб олинади. Сараланган детал турлари сони биттадан кўп бўлса қуйидаги жадвал асосида элементлар миқдори ёзиб борилади.

Подшипник пўлатини ташкил этувчиларидан энг асосийлари углерод ва пўлатни легирловчи элемент хром миқдорларига катта эътибор берилди. Биз танлаган қуйма олиш усулимизда асосан шу элементлар миқдорини ҳисоблашга диққат қаратилган. Натижаларни таҳлил қилиш жараёнида қуйма наъмунанинг турли қисмлари текширилди ва ўртача миқдор ҳисобга олинди. Олинган натижалар қуйидаги формула орқали ҳисобланди.

$$\checkmark_M = \frac{a + b + c + d + e}{5}$$

Материални кимёвий таркибини таҳлил қилишдан ташқари унинг хоссалари ҳам ўрганилди ва маълум синовлар ўтказилди.

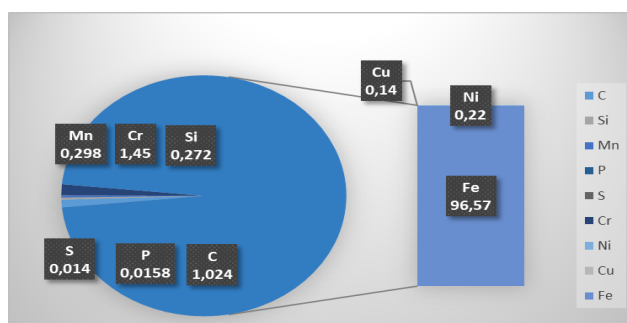
Биринчи навбатда чўзилишга мустахкамлик даражаси ва оқувчанлик чегарасини биргаликда синаш мумкин.

4-жадвал

### Бир наъмунанинг таҳлил натижалари

| Элемент формулалари | a – нуктада таҳлил | b – нуктада таҳлил | c – нуктада таҳлил | d – нуктада таҳлил | e – нуктада таҳлил | Ўртача миқдор кўрсаткичи |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|
| C                   | 1,01               | 1,04               | 1,02               | 1,05               | 1                  | 1,024                    |
| Si                  | 0,31               | 0,26               | 0,21               | 0,30               | 0,28               | 0,272                    |
| Mn                  | 0,28               | 0,25               | 0,30               | 0,31               | 0,35               | 0,298                    |
| P                   | 0,012              | 0,019              | 0,016              | 0,014              | 0,018              | 0,0158                   |
| S                   | 0,012              | 0,011              | 0,017              | 0,016              | 0,014              | 0,014                    |
| Cr                  | 1,31               | 1,39               | 1,52               | 1,48               | 1,55               | 1,45                     |
| Ni                  | 0,27               | 0,28               | 0,15               | 0,22               | 0,18               | 0,22                     |
| Cu                  | 0,22               | 0,10               | 0,14               | 0,13               | 0,11               | 0,14                     |

Бундан ташқари каттиклик даражаси ҳам алоҳида ўрин тутади. Бунда Бриннел ва Роквелл усуллари ёрдамида материалнинг каттиклик даражалари аниқланди.



3-расм. Бир наъмаунанинг ўртача миқдорлар диаграммаси

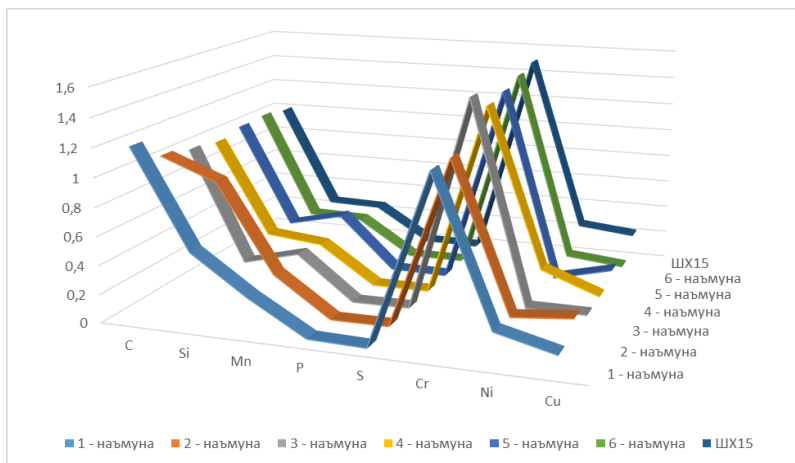
Сиқилишга бўлган мустахкамлик даражасини синаш учун ҳам алоҳида кўрсаткичлар белгиланган, лекин тобланиш термик ишлов бериш жараёнидан кейин бу кўрсаткичлар даражасини аниқлаб бўлмайди.

Тадқиқот йўли билан тайёрланган подшипник халқа деталларини тайёрлашда бир неча масса қисм қўйма заготовклар олиш оптимал масса қисмларни таҳлил натижалари асосида аниқланди.

Дастлаб иккитадан наъмуналар алоҳида алоҳида бўлиб текширилиб таҳлил қилинди.

Таркиблар бўйича таҳлил ўтказилганда уларнинг миқдори бўйича энг яқин келган наъмунани танлаш учун диаграммадан фойдаландик. Бунда турли ҳил наъмуналарнинг қимёвий таркиб бўйича оптимал таркиблиги сифатида 3-наъмуна танланди. Бу наъмунада қимёвий таркиб бўйича энг яқин келди ва бу оптимал деб танлаб олинди.

Юқоридаги кўрсаткичларга асосланиб термик ишлов бериш жараёнлари амалга оширилди. Бунда оптмал қаттиқлик даражаси 62-65 HRC га тенг ҳисобланади.



**4-расм. Оптмал таркибли наъмунани танлаш диаграммаси**

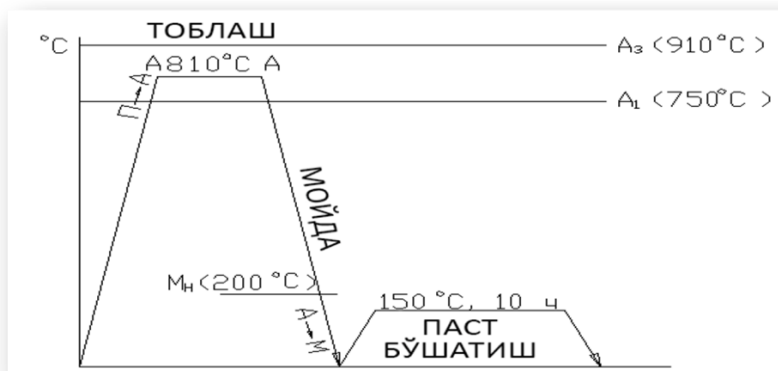
Тадқиқот олиб борилаётган подшипник пўлатини термик ишлов беришга келсак – тоблаш 830-840°C мойда бажарилади ва бўшатиш 150-160°C да 1-2 соат давом этади (5-жадвал).

5-жадвал

**Турли термик ишлов бериш режимларида қаттиқлик даражалари**

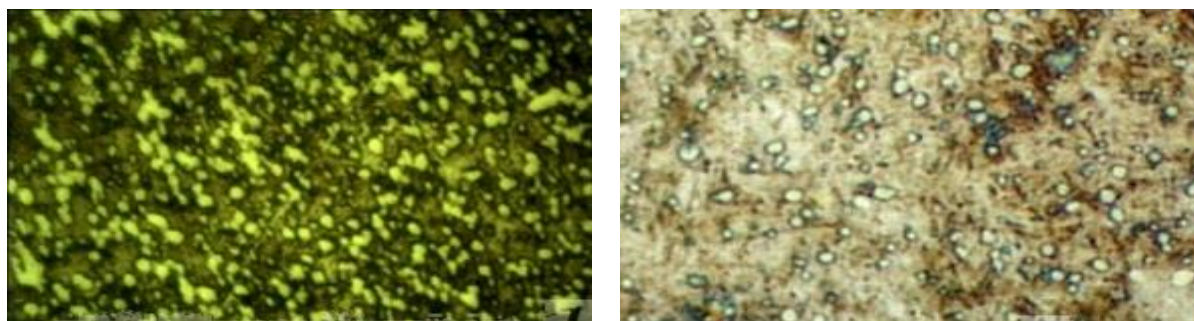
| Синов рақамлари | Термик ишлов бериш режимлари   | Қаттиқлик HRC |
|-----------------|--|---------------|
| 1               | 850°C – 50 дақ. – мойда +200°C – 6 соат – ҳавода совутилди                 | 57.0-60.0     |
| 2               | 860°C – 45 дақ. – мойда +180°C – 2 соат – ҳавода совутилди                 | 63.0-64.0     |
| 3               | 860°C – 50 дақ. – сувда ва мой ёрдамида тобланди                           | 66.0-66.5     |
| 4               | 860°C – 45 дақ. – сувда ва мой ёрдамида +160°C – 2 соат – ҳавода совутилди | 65.0-65.5     |
| 5               | 860°C – 45 дақ. – сувда ва мой ёрдамида + 70°C – 2 соат – ҳавода совутилди | 67.5-68.0     |

Бундай термик ишлов беришдан кейин пўлат структураси - бўшатишдан донатор мартенсит (яширин игнали мартенсит) ва карбиддан иборатдир.



**5-расм. Термик ишлов бериш режимлари критик нуқталарда температураларга боғлиқлиги**

Тобланган пўлатларни албатта мойда совутиш талаб этилади. Сувда совутиш структуравий ва юза деформациясига олиб келиши мумкин. Катта ҳажмдаги деталларни очик ҳавода совутиш орқали амалга оширилади.



1)

2)

**6-расм. Пўлат материалнинг микроскопик тадқиқотлари. 1-термик ишлов беришдан олдинги ҳолати, 2-тоблаш ва бўшатишдан кейинги ҳолати**

Пўлат структураси феррит-карбид аралашмасидан иборат бўлиб, ташқи кўриниши одатда юмшатишдан олдинги ҳолатида бўлади. Шу жумладан, ушбу пўлатдан пластик деформация натижасида деталлар ясалар экан, тузилма энг яхши пластиклик хусусиятларга эга бўлиши керак.

Диссертациянинг «Тадқиқот йўли билан темир – композит материалларидан олинган подшипник деталларини мақсадли қўллаш бўйича техник-иқтисодий самарадорлиги» деб номланган тўртинчи боби тадқиқот натижалари ва уларни таҳлил қилиш, синовдан ўтказиш, жорий этиш ва иқтисодий самарадорлигини баҳолашга қаратилган.

Диссертациянинг мақсад ва вазифаларидан келиб чиқиб антифрикцион материал бўлган подшипник халқа материалларини маҳаллий шароитда олиш технологияси таклиф этилди.

Қуйма усулида олинган подшипник материални механик хоссаларини ўрганишдан аввал унинг кимёвий натижалари ўрганилди. Бу натижалар асосида тавсиялар жадвали ишлаб чиқилди. Қуйма олиш жараёнида иккиламчи хомашёларни қайта эритиш натижасида кимёвий элементларга таъсири ўрганилди. Шу билан бир қаторда металлларни буғланиш жараёни ҳам ҳисобга олиниб ҳисоб китоб ишлари амалга оширилди.

Кимёвий таркибни ўрганиш жараёнида керакли натижага ҳисобланган миқдорнинг таъсири таҳлил қилинди. Материалга кўрсатилган ижобий ёки салбий таъсирлар ўрганилди.

Лабораторияда алоҳида аҳамиятга эга бўлган материал таркибдаги кимёвий элементлар миқдорининг асосий кўрсаткичлари ёзиб борилди.

Таҷрибалар даврида 6 турдаги детал намуналари қуйма кўринишга келтирилган ҳолатда ўрганилди (6-жадвал).

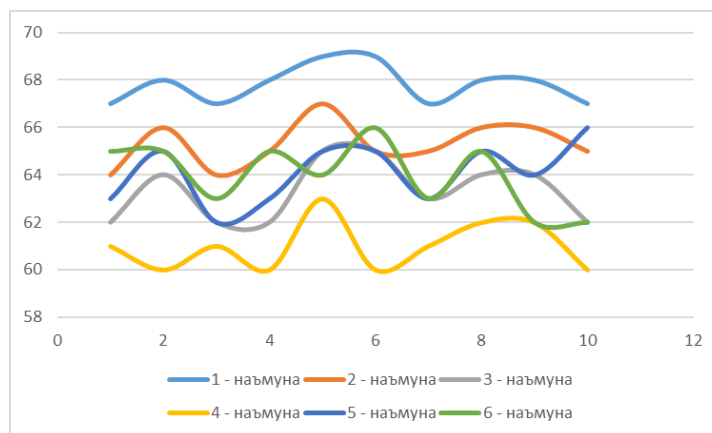
Тадқиқотлар ўтказиш давлари ичида турли кимёвий таркибга эга бўлган деталлар ўрганилди. Ўрганилган намуналар ичида оптимал таркибга эга бўлгани аниқланди. Қуйидаги жадвал асосида бу натижалар аниқланди. Бунда танланган ШХ15 материалга алтернатив таркибли намуна танланди ва асосланди.

**Танланган қуйма пўлатнинг турли намуналар ичидан алтернатив таркибли намунани танлаш**

| ШХ15<br>маркали<br>Пўлат | Элемент<br>формуллари | Наъмуналар устида тажриба синовлари |        |        |       |        |        |
|--------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------|--------|-------|--------|--------|
|                          |                       | 1                                   | 2      | 3      | 4     | 5      | 6      |
| 0,95 - 1,05              | C                     | 1,2                                 | 1,05   | 1,01   | 0,98  | 1,02   | 1,03   |
| 0,17 - 0,37              | Si                    | 0,52                                | 0,90   | 0,22   | 0,32  | 0,30   | 0,27   |
| 0,2 - 0,4                | Mn                    | 0,25                                | 0,29   | 0,32   | 0,28  | 0,39   | 0,26   |
| 0,027 гача               | P                     | 0,02                                | 0,018  | 0,014  | 0,015 | 0,019  | 0,01   |
| 0,02 гача                | S                     | 0,01                                | 0,02   | 0,018  | 0,015 | 0,012  | 0,011  |
| 1,3 - 1,65               | Cr                    | 1,2                                 | 1,19   | 1,51   | 1,38  | 1,41   | 1,46   |
| 0,03 гача                | Ni                    | 0,22                                | 0,18   | 0,11   | 0,26  | 0,08   | 0,13   |
| 0,25 гача                | Cu                    | 0,12                                | 0,22   | 0,11   | 0,11  | 0,18   | 0,09   |
| ~96                      | Fe                    | 96,46                               | 96,132 | 96,688 | 96,64 | 96,589 | 96,739 |

Юқоридаги натижаларга эришишда қуйманинг эритиш даври ва иккиламчи хом ашёлар билан унга қўшиладиган қўшимча элементлар ҳисобланди. Шихта ҳисоблаш юқоридаги бобларда қайд этилгандек ҳисоблаб чиқилди.

Қаттиқлик даражаси аниқланишда ҳам бир нечта нуқталарда қаттиқлик даражалари ўлчанди. Натижада наъмуналарни бирин кетин шу тариха таҳлил қилинди. Бу асосан Роквелл қаттиқлик ўлчаш дастгоҳида амалга оширилди.



**7-расм. Наъмуналар қаттиқлик даражасини аниқлаш диаграммаси**

Наъмуналарни текшириш давомида турли нуқталардан текширилди. Ўртача қиймат олиниб, буларни энг оптимал кўрсаткичли даражасини аниқлаш учун кейинги диаграммадан фойдаланилди. Наъмуналарни текширишда ўнта қуйма деталнинг турли жойларидаги нуқталардан қаттиқлик даражалари ўрганилди.

Бу жараёнда ҳам қаттиқлик даражаси бўйича энг оптимал наъмунани танлаш масаласи қўйилганди.

Диаграммадан кўриниб турибдики ШХ15 маркали пўлатнинг ўртача қаттиқлик даражасига яқин келганлари кўп бўлди. Бунда қаттиқлик даражаси 62-65 HRC га тенг бўлса, бу наъмуналардан 3, 5 ва 6 – наъманалар бу талабларга жавоб берди. Кимёвий таркибига кўра ҳам бу наъмуналар анча



яқин келган. Демак кимёвий таркибининг қаттиқлик хоссасига таъсири яна бир бор исботланди.

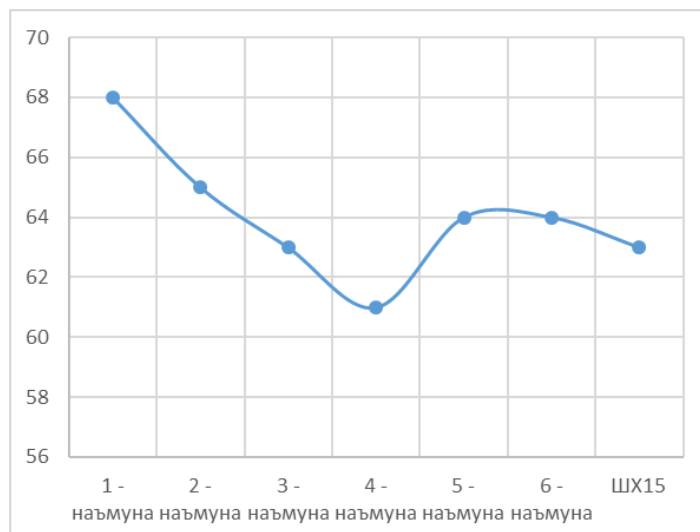
Қаттиқлик даражасига кўра энг оптимал наъмуна диаграмма натижаларига кўра 3-наъмуна деб танласак бўлади. Сабаби бу наъмуна ва ШХ15 маркали пўлатнинг ўртача қаттиқлиги бир хил эканлиги кўриниб турибди.

Олинган оптимал таркибга эга бўлган намуна, ишлаб чиқаришда аниқроғи пахта заводидаги жихозларнинг подшипник деталлари ўрнида синовдан ўтказилди.

Маҳаллий шароитда иккиламчи хом ашёлардан олинган подшипник материаллари ва уни подшипник детали сифатида фойдаланиш ишлари амалга оширилди. Дастгоҳларда синаш даврида:

жихознинг самарадрлиги сақланиб қолинди;  
натижада импорт ўрнини босувчи арзон детал олинди;  
исталган хажмда подшипник халқасини олиш мумкин;  
материал ишлаб чиқариш таннархи импорт қилиш логистика харажатлари эвазига қопланади;

янги материал олиш тажрибалари кейинги илмий тадқиқот ишларини амалга оширишда иқтисодий ва техник жихатдан фойдали ҳисобланади.



### **8-расм. Наъмуналар ичидан қаттиқлик даражаси бўйича оптимал наъмунани аниқлаш диаграммаси**

Олинган подшипник халқа материали мавжуд импорт орқали кетириладиган материаллар билан таққосланганда кўрсаткичлари бир хил, лекин ҳисобланган таннархи сарф харажатлари сезирарли даражада иқтисодий самарадорликка эришилганлиги аниқланди.

Иқтисодий натижаларга караганда янги олинган материалдан фойдаланиш ҳисобига оз миқдорда иқтисод қилинганлиги кўриш мумкин.

Олинган материалнинг иқтисод қилинган суммаси мавжуд импорт қилинаётган материал суммасига нисбатан 35% арзонлиги исботланди. Бундан ташқари ҳисобланган натижаларга логистика харажатлари кўшилмаган ҳолда ҳисобланди. Агар у харажатлар кўшиб ҳисобланганда иқтисодий самарадорлик 50% га яқин кўрсаткичларга эга бўлганлигини кўриш мумкин.

Юқорида 1 тонна учун ҳисобланган иқтисод суммаси кўрсатилган. Қўлланилган заводда эса йилига ўртача 10 тонна подшипник деталлари фойдаланилади.

Шундай қилиб, битта пахта заводидаги технологик линиянинг жихозлари учун ишлаб чиқилган темир – композит материалларини жорий этишдан олинган жами иқтисодий самарадорлик 26,15 млн сўмгача. Республикамизда 100 га яқин шу каби заводлар фаолият олиб боради.

Республика саноатида кутилаётган жами иқтисодий самара йилига 2 миллиард 113 минг сўмдан ошади.

## ХУЛОСА

1. Маҳаллий ва иккиламчи хомашёлар асосида юқори физик – механик ва ейилишбардош хоссаларига эга бўлган импорт ўрнини босувчи темир таркибли композицион пўлат материални самарали таркиби ва улар асосида халқа қисми олиниб, айлантирувчи подшипник ишлаб чиқилди.
2. Машинасозлик санотида қўлланиладиган подшипник деталларини яратишда материал таркиби ва микроструктурасида карбидли сетка ҳосил бўлиши аниқланди.
3. Пўлатга вакуум билан ишлов бериш, подшипникларнинг чидамлилигини 2 - 2,5 баравар ошириши, ишлайдиган юзалардаги нуқсонларнинг бир неча бор камайиши аниқланди.
4. Қуйма деталлар олиш учун қуйиш жараёнида чиқинди ва бошқа элементларнинг йўқотишлари миқдори бўйича таҳлил қилинди. Натижада қайта эритиш даврида легирловчи элементлар қўшиш миқдорлари аниқланди.
5. Бир тонна ШХ 15 пўлатни олиш учун керакли бўлган компонентлар аниқланиб, қуйма олингандан сўнг унга термик ишлов беришнинг технологик режимлари тавсия этилди.
6. Қуйма олиш жараёнида вакуум остида қуйилган наъмуналарда дарз кетиш, қуйма қолипни тўлиқ қопланиши ва бошқа нуқсонлар сони оддий усулда қуйилган қуймага нисбатан яхши натижаларни кўрсатганлиги ва ҳаво билан эритма орасида кислород билан реакциясига киришиши акс таъсир этиши ва унинг салбий оқибатлари кам бўлганлиги аниқланди.
7. Темир таркибли композицияни қўллашдан иқтисод қилинган сумма мавжуд импорт қилинаётган материал суммасига нисбатан 50% арзонлиги исботланди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО  
ПРЕДПРИЯТИЯ «ФАН ВА ТАРАККИЁТ» ТАШКЕНТСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА имени  
ИСЛАМА КАРИМОВА**

---

**АНДИЖАНСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

**БАЙМИРЗАЕВ АКБАРЖОН РУСТАМЖАН УГЛИ**

**РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗО –  
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЯ  
ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОЛЬЦО ДЕТАЛЕЙ ПОДШИПНИКА НА ИХ  
ОСНОВЕ**

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

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

**Ташкент – 2022**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована под номером В2021.4.PhD/T2290 Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.**

Диссертация выполнена в Андижанском машиностроительном институте.

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

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Научный руководитель:</b>  | <b>Тожибоев Бегижон Мамитжонович</b><br>кандидат технических наук, доцент  |
| <b>Официальные оппоненты:</b> | <b>Абед Нодира Сойибжоновна</b><br>доктор технических наук, профессор<br><b>Каршиев Мамарайим</b><br>кандидат технических наук, доцент |
| <b>Ведущая организация:</b>   | <b>Ферганский политехнический институт</b>   |

Защита диссертации состоится «18» февраля 2022 года в 14<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01. при ГУП «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова. (Адрес: 100174, г Ташкент, ул. Мирзо Голиба 7а. Тел: (+99871) 246-39-28; факс: (+99871) 227-12-73. E-mail: [fan\\_va\\_taraqiyot@mail.ru](mailto:fan_va_taraqiyot@mail.ru), [www.gupft.uz](http://www.gupft.uz) при здании ГУП “Фан ва тараккиёт”, 2 этаж, зал конференций (онлайн))

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре ГУП “Фан ва тараккиёт” (зарегистрирована за №34). (Адрес: 100174, г Ташкент, ул. Мирзо Голиба 7а. Тел: (+99871) 246-39-28; факс: (+99871) 227-12-73).

Автореферат диссертации разослан «31» января 2022 года.

(реестр протокола рассылки №34-21 от «15» декабря 2021 года).

**С.С. Негматов**

Председатель Научного совета по присуждению ученых степеней, академик АН РУз, д.т.н., профессор

**М.Э. Икрамова**

Учёный секретарь Научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., с.н.с.

**А.М. Эминов**

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 металлургическая и машиностроительная промышленность являются одним из отраслей, которые вносят огромный вклад в развитие экономики. С развитием современного машиностроения спрос на внутренние детали машин и механизмов растет день ото дня. В связи с этим, создание конкурентоспособной и импортозамещающей продукции мирового уровня для различных отраслей промышленности, методы получения новых усовершенствованных деталей машин и механизмов и создание передовых технологий разработки имеет особое значение.

В мире развитые страны, включая США, Германию, Японию, Россию, Китай, Турцию и других стран, проводятся научные исследования по разработке и совершенствованию эффективных методов получения высокоэффективных подшипников деталей путем целенаправленного использования и литья деталей для обеспечения эксплуатационной надежности машин и механизмов. В этом аспекте, особое внимание уделяется разработке ресурсосберегающих технологий получения изделий на их основе и создание эффективного состава железо-композиционных материалов, составляющих основу этих изделий, применения новых материалов при разработке подшипников, используемых во вращающихся частях шнеков, очищающих барабанов от мелких и крупных мусор и разработка методов получения винтовых транспортеров на рабочих поверхностях технологического оборудования.

В республике проводятся научные исследования по совершенствованию существующих технологий, обеспечивающих экономию ресурсов, использования металло-композиционных материалов из местного сырья и широко применяется механическая обработка при производстве подшипников, в котором достигнуты определенные результаты. В программе Стратегических действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан отмечены важные задачи по «... укрепление макроэкономической стабильности и поддержание высоких темпов экономического роста, повышение конкурентоспособности национальной экономики, ... сокращение потребления энергии и ресурсов в экономике, повсеместное внедрение энергосберегающих технологий в производстве»<sup>1</sup>. В этом аспекте, разработка ресурсосберегающей технологий при использование местного сырья, соответствие дизайна и стоимости продуктов к мировым стандартам полученные методом литья, разработка способа получения качественных продуктов из железо-композиционных материалов, а также разумное использование энергоресурсов и местного сырья для подшипников, применяемых в машиностроении имеет важное значение.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года № УП-4947 «О стратегии действий по

---

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

дальнейшему развитию Республики Узбекистан», в Постановлениях от 26 декабря 2016 года № ПП-2698 «О локализации производства готовой продукции, комплектующие и материалы в 2017-2019 гг.», от 27 апреля 2018 г. «О мерах по продолжению реализации перспективных проектов», № ПП-3682 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практической реализации инновационных идей, технологий и проектов» а также, в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования основным приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование было выполнено в соответствии с приоритетными направлениями II «Энергетика, энерго и ресурсосбережение» в развитии технологии и науки республики.

**Степень изучения проблемы.** В области материаловедения научно-исследовательские работы в области вакуумного литья подшипников из стали и композиционных материалов, разработки, применения технологий и изучения их свойств выполняли следующие ученые: У.Бриггман, С.Хогмарк, О.Вингсбо, С.С. Негматова, М.А. Аскарлова, С.Ш. Рашидовой, А.А. Ибодуллаева, З.А. Таджиходжаева, А.В. Умарова, А.А. Рискулова, J.B. Кэмпбелл, Д. Олсон, М. Кенис, А. Гурьева, В. Биронт, А.А. Мухамедова, Ф.Р. Норхуджаева, Д.М. Бердиева и их научные школы проводят ряд научных исследований.

Согласно анализу имеющихся работ, вопросы, связанные с исследованием структуры железо-композиционных материалов, применяемых в машиностроении состава подшипника ШХ15, а также разработка технологии получения методом литья и удешевления деталей, подробно не освещены. На решение этих проблемы и посвящена настоящая диссертационная работа.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательской работы высшего учебного заведения.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ в Андижанском машиностроительном институте совместно с академией Молодёжи проведенного конкурса «Будущий учёный» на тему: «Получение материала кольцо подшипника в местных условиях».

**Целью исследования** является разработка эффективного состава железо-композиционных материалов и технология получения кольцо деталей подшипника на их основе.

**Задачи исследования:**

исследование возможности создания эффективного состава металло-композитов из вторичного сырья для получения из них кольцо деталей подшипника методом литья;

разработка современных методов и средств экспериментального исследования конструкционных материалов, используемых в машиностроении для повышения показателей химической однородности и ударной вязкости подшипниковых металло-композиционных материалов;

определение влияния на деформационные свойства и формирование структуры материалов при изготовлении кольцо подшипника, с увеличением

плотности путем литья в индукционных печах подшипниковых металлокомпозиционных материалов;

применение литья под вакуумом в качестве технологии кольцо детали подшипника методом моделей литья;

оценка технико-экономической эффективности использования кольцо деталей подшипника вращения, разработанного из импортозамещающего железо-композиционного материала, полученного на основе местного сырья;

обеспечение их достоверности путем математического моделирования и обработки результатов исследований.

**Объектом исследования** являются ферромарганец-  $Fe_4Mn_3$ , феррохром-  $FeCr$ , ферросилиций  $Fe_4Si_3$  вторичный металл, отходы обработки стали и химические модификаторы.

**Предметом исследования** является изучение технологических процессов подшипников вращения и возможности применения разработанных подшипников, литьё в сталеплавильных индукционных печах и увеличение плотности, литьё в индукционных печах при изготовлении кольцо подшипника, вращающие подшипники обеспечивающие работу вращающих деталей крупно-габаритных технологических оборудований предприятий первичной переработки хлопка, создание эффективной технологии получения подшипников и рабочих органов машин и механизмов, а также определение оптимального состава железо-композиционных материалов.

**Методы исследования.** В диссертационной работе использованы ИК-спектроскопия, ДТА, ТСТ-анализы, атомно-силовой микроскопия (АСМ) и другие стандартные методы и инструменты.

**Научная новизна исследования заключается в следующем:**

создан новый металло-композиционный материал, имеющий эффективный состав, с использованием вторичных металлических отходов, с целью получения кольцо деталей, используемых в производстве подшипников вращения, применяемых в машиностроении;

разработана технология подготовки деталей подшипников на основе созданного нового металло-композиционного материала;

налажено производства импортозамещающих металло-композиционных материалов подшипника в местных условиях;

определен оптимальный состав наполнителя для улучшения состава и свойств материалов подшипников, полученных заливкой под давлением из вторичного сырья;

полученные детали подшипника применены в машиностроительных агрегатах, и разработаны рекомендации по показателям эффективности.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

подшипники, применяемые в машиностроении, изготавливаются из отходов вторичного металла, обогащенного по химическому составу, показывающий состав и структуру, антифрикционный и износостойкие детали подшипника обеспечивающий оптимальное использование энергетических ресурсов, создан и применен новый предложенный способ получения деталей подшипника давлением в местных условиях;

предложена технология целевого применения и получения оптимальных составов металло-композиционных материалов, используемых при получении деталей кольцо подшипника, применяемых для технологических оборудований агрегатов машиностроения;

разработана технология получения детали кольцо вращающего подшипника из созданного эффективного состава металло-композиционных материалов и полученные вращающие подшипники использованы в рабочих органах хлопкоочистительных машин.

**Достоверность результатов исследования** обосновано использованием стандартного оборудования и методов, в том числе метода получения рабочих деталей из вторичных металлических отходов, математическая обработка структурных и железо-композиционных материалов с использованием ЭВМ программ, оценки полученных результатов и их сравнения с существующими результатами.

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

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что научное обоснование повышения производительности технологического оборудования за счет изучения механических и эксплуатационных свойств железо-композиционных материалов, созданные детали подшипника, полученные методом литья под давлением обогащенный с выбранными наполнителями по улучшению свойств, вторичного сырья для вращающих деталей технологических оборудований в машиностроения.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке кольцо деталей подшипника из металло-композиционных материалов и получение вращающих подшипников из них с высокими прочностными, физико-механическими и эксплуатационными свойствами из металлических отходов с использованием местного сырья и альтернативных источников энергии, а также применение рабочих органов машин и механизмов.

**Внедрение результатов исследований.** На основании результатов исследований по разработке эффективного состава железо-композиционных материалов и технология получения кольцо деталей подшипника на их основе:

изготовленные обоймы подшипника и шариковые подшипники разработанные из антифрикционно-износостойких метало-композиционных материалов были внедрены в Пискентском хлопкоочистительном заводе (Справка «PAHTASANOAT ILMIY MARKAZI» от 14 декабря 2021 года №02-11/557). В результате, дано возможность улучшить работоспособность рабочих органов, уменьшить сопротивление при использовании и в определенной степени увеличился производительность и снизился затраты потребляемой мощности машин и механизмов;

металло-композиционные материалы, обладающие высокими физико-механическими и антифрикционно-износостойкими свойствами, были внедрены в Пискентском хлопкоочистительном заводе (Справка «PAHTASANOAT ILMIY MARKAZI» от 14 декабря 2021 года №02-11/557). В результате, дано возможность повысить износостойкость, прочность и соответственно долговечность обоймы подшипника в 2,0-2,5 раза.



**Апробация результатов исследования.** Результаты исследований диссертации были доложены в материалах 8 конференций, из них 5 в международных и 3 в республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 13 научных трудов, в том числе 5 научных статей, в журналах, рекомендованных для опубликования основных научных результатов докторской диссертации при Высшей Аттестационной Комиссии Республики Узбекистан, а именно 3 из них опубликованы в республике и 2 в зарубежных журналах.

**Структура и объем диссертации:** Структура диссертации состоит из четырех глав, вывода, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составил 113 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснованы актуальность и востребованность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий в Республике Узбекистан. Изложены научная новизна и практические результаты исследований, раскрыта научно-теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены данные о внедрении результатов исследования, апробации работы, сведения по опубликованным источникам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Современное состояние и проблемы производства подшипниковых деталей из железо-композиционных материалов**» представлена информация о современных структурах вопроса обработки антифрикционно-износостойких деталей, изготавливаемых из железо-композиционных материалов. Из этих материалов особую роль играет производство подшипниковых материалов. Обычно такие материалы проявляются по-разному в разных климатических условиях, в результате чего сложность процесса извлечения, конструкция, методы извлечения различны. В машиностроении из-за возможности режимов проведения выбраны технологии и процессы при получении деталей кольца.

Перед выбором этого метода было проведено исследование марки материала кольца подшипника, что позволило определить цель и задачи исследования диссертационной работы. Благодаря этому выбирается специальный марочный стальной материал. Обоснована целесообразность в рациональном использовании местного сырья и ресурсов при получении кольца подшипника и выбран метод литья для производства марочного стального материала.

Во второй главе диссертации «**Методы и средства исследования технологий производства колец подшипника из железо-композиционных материалов**» приведены обоснование выбора объектов исследования, методов и инструментов.

На основе методов, позволяющих разработать эффективный состав железо-композиционных материалов лежит целесообразность технологии получения кольца деталей подшипник. В качестве объекта исследования для

отливок были получены богатые углеродом и на основе хрома, композиты и наполнители, - ферросилиций, ферромарганец, феррохром и отходы углеродистой стали (таблица 1).

Таблица 1

### Материалы, используемые при литье стали

| Компоненты    | Марки   | Массовая доля элементов, % |         |         |          |        |      |
|---------------|---------|----------------------------|---------|---------|----------|--------|------|
|               |         | основной                   | Углерод | Кремний | Марганец | Фосфор | Сера |
| Отходы стали  | различн |                            | 0,30    | 0,30    | 0,50     | 0,06   | 0,06 |
| Ферросилиций  | ФС 45   | 45,0                       | 0,50    | 45,00   | 0,60     | 0,05   | 0,02 |
|               | ФС 75   | 75,0                       | 0,10    | 75,00   | 0,40     | 0,05   | 0,02 |
| Ферромарганец | ФМн 0,5 | 85,00                      | 0,50    | 2,00    | 85,00    | 0,30   | 0,03 |
|               | ФМн 1,5 | 85,00                      | 1,50    | 2,50    | 85,00    | 0,30   | 0,03 |
|               | ФМн 75  | 75,00                      | 7,00    | 1,00    | 75,00    | 0,45   | 0,30 |
| Феррохром     | ФХ015Б  | 65,00                      | 0,15    | 1,50    | -        | 0,05   | 0,03 |
|               | ФХ050Б  | 65,00                      | 0,50    | 2,00    | -        | 0,05   | 0,03 |
|               | ФХ020Б  | 67,00                      | 2,00    | 2,00    | -        | 0,05   | 0,04 |

При получении композиционного материала из железа для выбранных колец подшипников был выбран альтернативный материал из стали марки ШХ15 с использованием вторичного сырья в местных условиях.

В ходе исследования был изучен анализ железо-композиционных материалов на основе стандартных методов и инструментов для определения деформационных, прочностных, твердостных, триботехнических, коррозионных свойств.

HRC-микротвердость: 62-65;

$\sigma_{0,2}$  - предел текучести 1670 МПа;

$\sigma_{\nu}$  - сопротивление растяжению 2160 МПа;

Ударный переход KCU 5 Дж/см<sup>2</sup>;

Результаты исследований определялся с использованием стандартизированных методов и инструментов в лабораторном оборудовании. Полученный результат гарантируется погрешностью менее 3%.



Определение химического состава с использованием а-спектрометра Solaris CCD Plus loom, б - измерение твердости - метод Роквелла.

### Рис.1. Приборы и методы для измерения химического состава и твердости материала

При проведении экспериментов была проведена исследовательская работа по различным образцам деталей и их по различным точкам.

В ходе оптимизации состава и эксплуатационных свойств исследуемого железо-композиционного материала и обработки результатов исследований была специально разработана таблица потерь при рафинировании отливок.

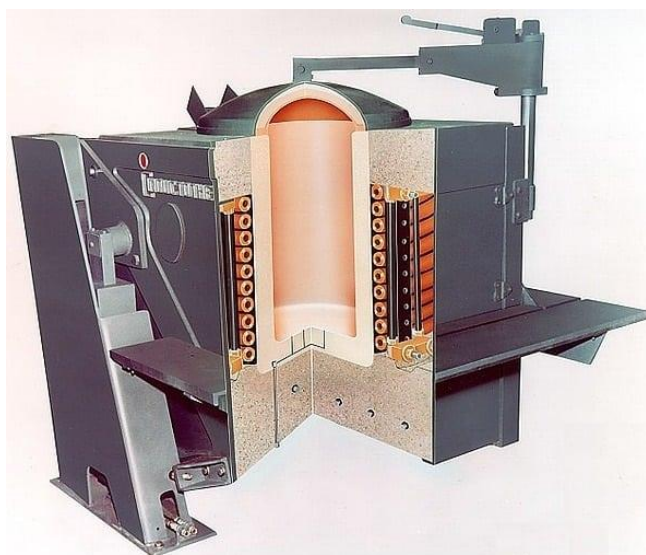
В третьей главе под названием «**Теоретические и технологические основы разработки технологии производства подшипниковых деталей из железо-композиционных материалов на основе местного и вторичного сырья**» приведена подбор печей и подготовка вторичного сырья по массе. Широко распространенным способом получения стальных отливок в промышленности является получение их в индукционных печах. Также возможно получение стальных отливок в различных печах. В зависимости от типа печей количество потерь металлов, содержащихся в материале при повторной плавке, также будет по разной степени.

Таблица 2

**Таблица потерь отходов и других элементов в процессе литья в сталеплавильном производстве**

| Наименования литейных агрегатов                        | Потери на массовые детали при литье металлов % |
|--|--|
|  | Средние показатели                             |
| Мартен печи  | 6 – 8  |
| Электропечи  | 4 – 5  |
| Конверторы Бессемор                                    | 16 – 18  |
| Дуплекс-процесс (мартен печ и электропеч)              | 6 – 7  |
| Триплекс- процесс (вагранка – конвертор – электропечи) | 18 – 20  |
| Индукционная печь                                      | 2 – 3  |

Как видно из таблицы, в период разливки самые низкие потери имеют индукционные печи.



**Рис. 2. Выбранный чертеж индукционной печи**

На основании рисунка 2, мы выбрали индукционную сталеплавильную печь для разливки железо-композитного материала, альтернативного стали ШХ15.

В период исследования мы использовали два разных метода литья. Для этих методов литья выбраны простой и вакуумный методы. Причина в том, что в обоих методах были взяты отличительные пробы. Качество показателей образцов, полученных под вакуумом, было выше, чем у простого метода.

Основными компонентами шлака являются отходы вторичных шарикоподшипников, отходы 10-20% углеродных сталей, феррохром, ферросилиций, измельченный порошок кокса или древесный уголь, известняк. Ферромарганец и ферросилиций используются для деоксидации и легирования марганца и кремния в растворе.

Таблица 3

**График ожогов и потерь при в период повторного литья, %**

| Элемент  | Потери при плавлении | Дополнительный тип элемента | Период добавления вложений  |
|----------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Углерод  | 10 – 25              | Отходы углеродистой стали   | По окончании литья          |
| Кремний  | 40 – 60              | Ферросилиций                | В начале литья              |
| Марганец | 25 – 50              | Ферромарганец               | В начале литья              |
| Хром     | 10 – 15              | Феррохром                   | После первоначальных потерь |

В период расчета была разработана таблица их обжига и потерь для повторного литья элементов в печах.

С использованием результатов таблицы 3, на основании вторичного сырья можно получить литые детали. Кроме этого из этой таблицы можно увидеть, в какой период литья можно добавлять дополнительные материалы. Эта таблица составлена на результатах исследовательских испытаний и обоснована возможность использования во всех подобных процессах. В процессе получения отливок заметили, что имеются потери при отливке, и это связано с количеством химических элементов.

При сортировке и изучении количества химических соединений результаты дополняются списком. В этом случае из выбранных частей отходов деталей по мере возможности выбирается такой же вид отходов металла. Если количество отборных типов деталей больше одного, количество элементов записывается на основе следующей таблицы.

Большое внимание было уделено количеству углерода и легирующего элемента хрома, наиболее важных компонентов подшипниковой стали. Выбранный нами метод литья ориентирован в основном на расчет количества этих элементов. В процессе анализа результатов проверялись разные части отлитого образца и учитывается среднее количество. Полученные результаты рассчитывались по этой формуле.

$$C_m = \frac{a + b + c + d + e}{5}$$

### Результаты анализа одной пробы

| Формула элементов | Анализ точки а | Анализ точки b | Анализ точки с | Анализ точки d | Анализ точки е | Индикатор среднего количества |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------|
| C                 | 1,01           | 1,04           | 1,02           | 1,05           | 1              | 1,024                         |
| Si                | 0,31           | 0,26           | 0,21           | 0,30           | 0,28           | 0,272                         |
| Mn                | 0,28           | 0,25           | 0,30           | 0,31           | 0,35           | 0,298                         |
| P                 | 0,012          | 0,019          | 0,016          | 0,014          | 0,018          | 0,0158                        |
| S                 | 0,012          | 0,011          | 0,017          | 0,016          | 0,014          | 0,014                         |
| Cr                | 1,31           | 1,39           | 1,52           | 1,48           | 1,55           | 1,45                          |
| Ni                | 0,27           | 0,28           | 0,15           | 0,22           | 0,18           | 0,22                          |
| Cu                | 0,22           | 0,10           | 0,14           | 0,13           | 0,11           | 0,14                          |

На рисунке 3 приведена диаграмма пробы химического состава.

Как видно из рисунка 3, химическом составе в качестве основного легирующего элемента взяли хром, а остальное около 96% состоит из железа.

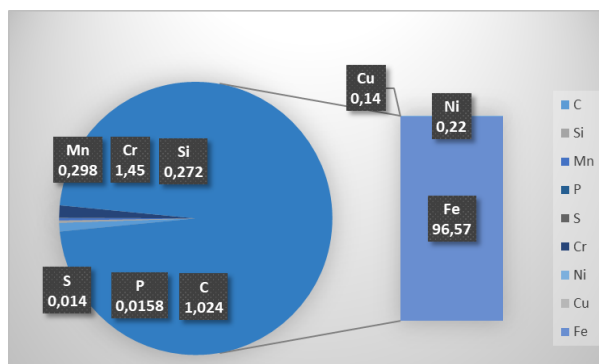


Рис.3. Диаграмма пробы химического состава

Помимо анализа химического состава материала исследована его свойства и проводились определенные испытание.

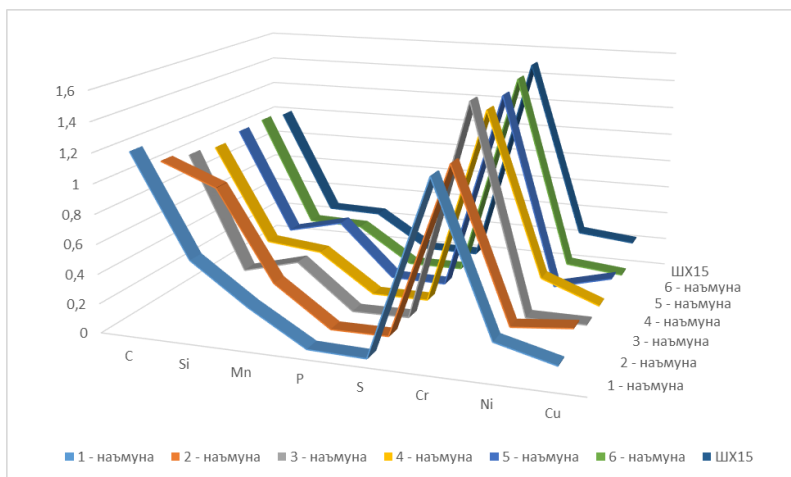
Прежде всего, можно вместе испытать степень прочности на растяжение и предел текучести.

Кроме того, особую роль играет степень твердости. В этом случае уровень твердости материала определяются с помощью методов Бриннеля и Роквелла.

Также были отмечены отдельные показатели для проверки уровня прочности на сжатие, но после процесса термообработки отжига степеней этих показателей не возможно определить.

При изготовлении деталей кольцо подшипника путем исследований, оптимальная масса части деталей определялся по результатам анализа путем получения литых заготовок на нескольких частей деталях разной массы.

Первоначально два образца были исследованы и проанализированы отдельно.



**Рис. 4. Диаграмма выбора образца с оптимальным содержанием**

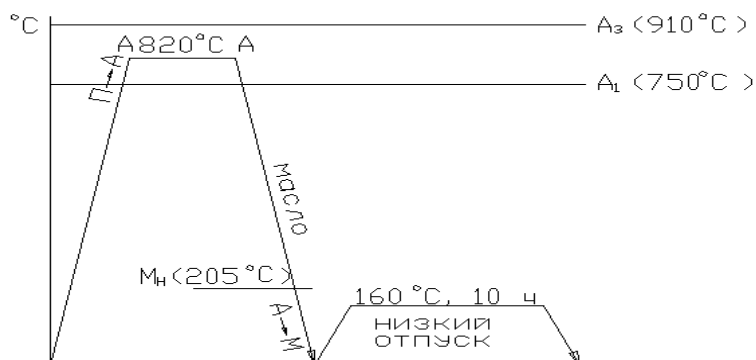
При анализе по составам использовали диаграмму, чтобы выбрать наиболее близкую по количеству образца. Образец №3, был выбран оптимальным по химическому составу среди различных образцов. Данные этого образца ближе всего по химическому составу и был выбран как оптимальным.

Талица 5

**Уровни твердости при различных режимах термообработки**

| Номера тестов | Режимы термообработки   | Твердость HRC |
|---------------|---|---------------|
| 1             | 850°C – 50 мин. – в масле +200°C<br>6 часа охлаждается на воздухе                   | 57.0-60.0     |
| 2             | 860°C – 45 мин. – в масле +180°C<br>2 часа охлаждается на воздухе                   | 63.0-64.0     |
| 3             | 860°C – 50 мин. – закалка водой и маслом  | 66.0-66.5     |
| 4             | 860°C – 45 мин. – используя воду и масло +160°C<br>2 часа охлаждается на воздухе    | 65.0-65.5     |
| 5             | 860°C – 45 мин. – используя воду и масло + (-70°C)<br>2 часа охлаждается на воздухе | 67.5-68.0     |

Исходя из вышеперечисленных показателей, проводились процессы термической обработки. Оптимальный уровень твердости равняется на 62-65 HRC.

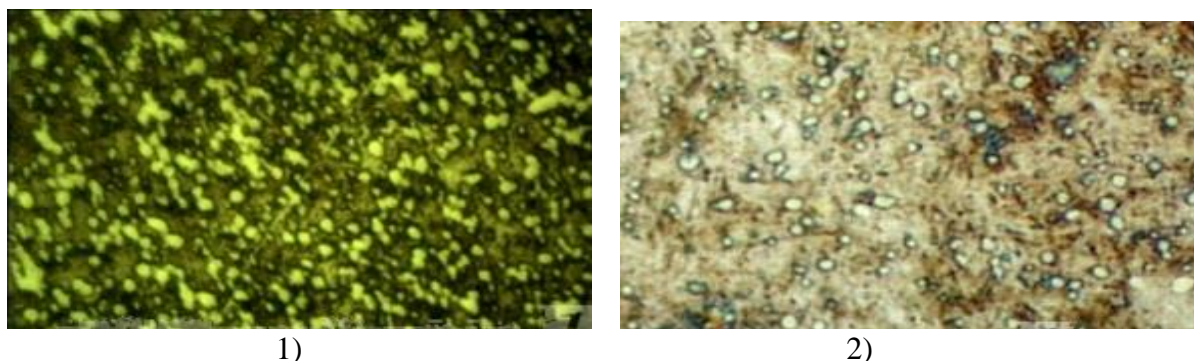


**Рис. 5. Зависимость режимов термообработки в критических точках**

Что касается термической обработки, исследуемой подшипниковой стали закалённость проводится в масле при 830-840 °C, отпуск - 1-2 часа при 150-160 °C. После такой термообработки структура стали состоит из

освобождённого гранулированного мартенсита (мартенсит со скрытой иглой) и карбида.

Закалённые стали обязательно нужно охладить в масле. Охлаждение в воде может привести к деформации структуры и поверхности. Детали в больших объемах охлаждаются на открытом воздухе.



**Рис. 6. Микроскопическое исследование стального материала. 1 – состояние до термообработки, 2 - состояние после закалки и отпуска**

Структура стали состоит из ферритно-карбидной смеси. Обычно внешний вид в таком состоянии имеет размягченного гранулированного перлита. В частности, при изготовлении деталей из этой стали в результате пластической деформации конструкция должна обладать наилучшими пластическими свойствами.

Четвертая глава диссертации «**Технико-экономическое обоснование целевого использования подшипниковых деталей из железно-композитных материалов путем исследований**», посвящена результатам исследований и их анализу, испытаниям, внедрению и оценке экономической эффективности.

Исходя из целей и задач диссертации, была предложена технология получения материалов подшипниковых колец, которые являются антифрикционным материалом в местных условиях.

Перед изучением механических свойств материала подшипника, полученного методом литья, исследованы его химические результаты. На основании этих результатов была разработана таблица рекомендаций. В результате переплавки вторичного сырья в процессе литья исследована влияние на химические элементы. При этом учитывался процесс испарения металлов и проведены смета расчетов.

В процессе изучения химического состава было проанализировано влияние рассчитанного количества на желаемый результат. Исследована также влияние положительных или отрицательных показателей материала.

В лаборатории регистрировались основные показатели количества химических элементов в материале, которые имеют особое значение.

В ходе экспериментов было исследовано 6 типов образцов деталей при литье.

За исследуемые периоды исследованы детали с разным химическим составом. В результате из исследованных образцов были выделены образцы оптимального состава. Эти результаты были определены на основе

приведенной ниже таблицы. При этом был отобран и обоснован образец с альтернативным составом выбранному материалу ШХ15.

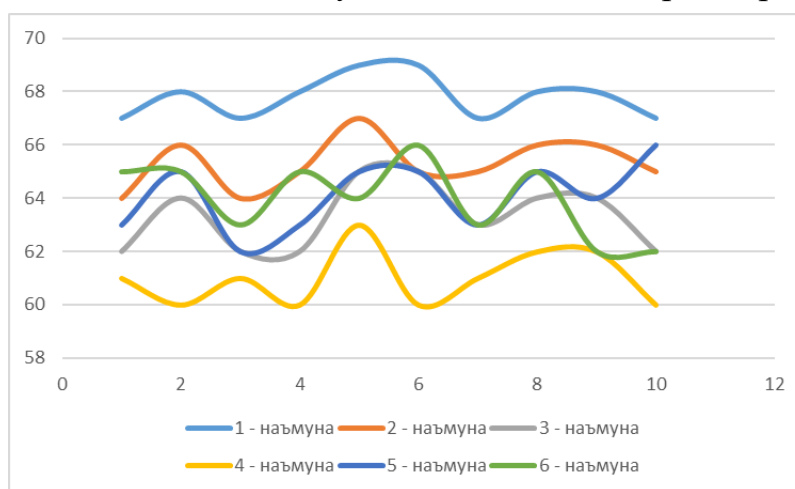
Таблица 6

**Выбор образца с альтернативным составом из большого количества различных образцов выбранной литой стали**

| Сталь ШХ15  | Наименование элементов | Экспериментальные испытания образцов |        |        |       |        |        |
|-------------|------------------------|--------------------------------------|--------|--------|-------|--------|--------|
|             |                        | 1                                    | 2      | 3      | 4     | 5      | 6      |
| 0,95 - 1,05 | C                      | 1,2                                  | 1,05   | 1,01   | 0,98  | 1,02   | 1,03   |
| 0,17 - 0,37 | Si                     | 0,52                                 | 0,90   | 0,22   | 0,32  | 0,30   | 0,27   |
| 0,2 - 0,4   | Mn                     | 0,25                                 | 0,29   | 0,32   | 0,28  | 0,39   | 0,26   |
| до 0,027    | P                      | 0,02                                 | 0,018  | 0,014  | 0,015 | 0,019  | 0,01   |
| до 0,02     | S                      | 0,01                                 | 0,02   | 0,018  | 0,015 | 0,012  | 0,011  |
| 1,3 - 1,65  | Cr                     | 1,2                                  | 1,19   | 1,51   | 1,38  | 1,41   | 1,46   |
| до 0,03     | Ni                     | 0,22                                 | 0,18   | 0,11   | 0,26  | 0,08   | 0,13   |
| до 0,25     | Cu                     | 0,12                                 | 0,22   | 0,11   | 0,11  | 0,18   | 0,09   |
| ~96         | Fe                     | 96,46                                | 96,132 | 96,688 | 96,64 | 96,589 | 96,739 |

Для достижения вышеуказанных результатов в период плавления отливки были рассчитаны добавляемые к ней вторичное сырьё и дополнительные элементы. Расчет шлака производился, как описано в предыдущих главах.

Для определения уровни твердости также измеряли в нескольких точках уровень твердости. Это обеспечивает высокую точность определения степени жесткости. В результате образцы были проанализированы таким образом один за другой. Это в основном осуществлялось на твердомере по Роквеллу.

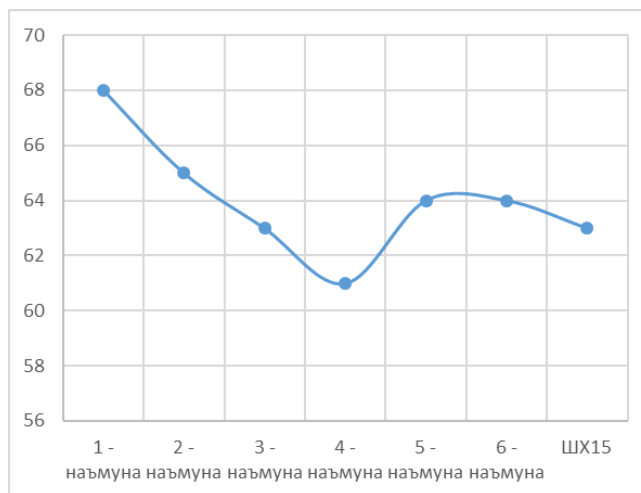


**Рис. 7. Диаграмма определения уровня твердости образцов**

При проверке образцы исследовались с разных точек. Получено среднее значение и, чтобы определить оптимальный уровень этих характеристик



использовали следующую диаграмму. При исследовании образцов уровни твердости были изучены в точках в разных местах десяти отливок.



**Рис. 8. Диаграмма определения оптимального образца по уровню твердости из образцов**

При этом также поднимался вопрос выбора наиболее оптимального по твердости образца.

Как видно из диаграммы, многие образцы приблизились к среднему уровню твердости стали ШХ15. При этом уровень твердости составлял 62-65 HRC, а образцы 3, 5 и 6 соответствовали этим требованиям. По химическому составу тоже эти образцы были намного ближе. Таким образом, еще раз доказана влияния химического состава на свойства твердости.

По результатам диаграммы в качестве оптимального образца по степени твердости выбран 3 образец. Причина в том, что средняя твердость стали ШХ15 и этого образца, по всей видимости одинаковой.

Проведено испытание полученного образца имеющий оптимального состава на производстве, а точнее на деталях подшипника оборудований хлопкового завода. Осуществлено получение подшипниковых материалов из вторичного сырья и их использование в качестве деталей подшипника в местных условиях. Во время испытания на станке:

- сохраняется эффективность устройства;
- в результате получено дешевая импортозамещающая деталь;
- можно получать кольцо подшипника любого размера;
- затраты на производство материалов покрываются затратами на импортную логистику.
- опыт получения нового материала будет экономически и технически полезным для дальнейших научных исследований.

При приобретении материала кольца подшипника было обнаружено, что показатели были такими же, как у импортированных материалов, но расчетная рентабельность была достигнута со значительной экономической эффективностью.

Из экономических результатов видно, что небольшая экономия была достигнута за счет использования полученного материала.

Обосновано, что экономическая сумма полученного материала оказалась на 35% дешевле от суммы импортируемого материала. Кроме того, расчетные результаты были рассчитаны без добавления логистических затрат. Если это добавить к рассчитанным затратам, то можно увидеть, что экономическая эффективность близка к 50%.

Выше показан расчетный объем экономии на 1 тонну. Завод использует в среднем 10 тонн деталей подшипников в год.

Таким образом, общая экономическая эффективность внедрения железо-композиционных материалов, разработанных для оборудования технологической линии на одном хлопкозаводе, составляет до 26,15 млн. сумов. В республике около 100 подобных действующих заводов.

Ожидаемая общая экономическая эффективность промышленности республики превышает 2 миллиарда 113 тысяч сумов в год.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Разработан эффективный состав импортозамещающего железо-композиционного стального материала с высокими физико-механическими и пластичными свойствами и на их основе роликотый подшипник с кольцевыми деталями на основе местного и вторичного сырья.

2. Выявлено, что основными антифрикционными требованиями к материалам кольцо подшипника являются устойчивость к высокому сопротивлению трения.

3. Разработан оптимальный состав железо-композиционного материала для получения кольца подшипника на основе местного и вторичного сырья.

4. Установлено, что после повторного формирования карбидной сетки, в составе и в микроструктуре материала при создании подшипниковых деталей, увеличивается долговечность подшипников в 2–2,5 раза, а дефекты рабочих поверхностей уменьшены в несколько раз.

5. Выявлено, что индукционные печи имеют самые низкие потери в период разлива для получения литых деталей.

6. Разработана и обоснована технология литья кольца подшипника из вторичного сырья.

7. Установлено, что полученный железо-композиционный материал на основе местного и вторичного сырья на 35% дешевле, чем импортный.

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY  
NAMED AFTER ICLAM KARIMOV  
SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01  
ON THE AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREES  
AT STATE UNITARY ENTERPRISE «FAN VA TARAKKIYOT»  
ANDIJAN MACHINE-BUILDING INSTITUTE**

---

**BAYMIRZAYEV AKBARJON RUSTAMJAN O'G'LI**

**DEVELOPMENT OF AN EFFECTIVE COMPOSITION OF IRON –  
COMPOSITE MATERIALS AND TECHNOLOGY FOR THE  
MANUFACTURE OF RING BEARING PARTS BASED ON THEM**

**05.02.01 – Materials of the science are based on the mechanical engineering. Foundry  
production. Heat treatment and handling of metals pressure. Metallurgy of ferrous, non-  
ferrous and rare metals (technical science)**

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

**Tashkent – 2022**

**The theme of doctoral dissertation (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the abinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2021.4.PhD/T2290**

The dissertation has been carried out at the Andijan machine-building institute.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (abstract)) on the website ([www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz)) and on the Information of the Educational Portal "ZiyoNet" ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Research supervisors:** **Tojiboyev Begijon Mamitjonovich**  
candidate of technical sciences, associate professor

**Official opponents:** **Abed Nodira Soyibzhonovna**  
doctor of technical sciences, professor

**Karshiev Mamarayim**  
candidate of technical sciences, associate professor

**Leading organization:** **Fergana Polytechnic Institute**

The defense will take place «18» February 2022 at 14<sup>00</sup> at the meeting of scientific council DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01. at Tashkent State technical university named after Islam Karimov at State unitary enterprise "Fan va tarakkiyot". (Address: 100174. Tashkent city, Almazar district, Mirzo Golib street 7a, Tel: (99871) 246-39-28; fax: (99871) 227-13-73, E-mail: [fan\\_va\\_taraqkiyot@mail.ru](mailto:fan_va_taraqkiyot@mail.ru), [www.gupft.uz](http://www.gupft.uz) on the building "Fan va tarakkiyot" SUE, 2<sup>nd</sup> floor, conference room.

The dissertation can be reviewed at the Information and Resource Center of the State unitary enterprise "Fan va tarakkiyot" (is registration number №34). (Address: 100174, Tashkent city, Almazar district, Mirzo Golib street 7a, Tel: (99871) 246-39-28; fax: (99871) 227-13-73.

Abstract of dissertation sent out on «31» January 2022 y.  
(Protocol of the register №34-21 on «15» December 2021 y.).

**S.S. Negmatov**  
Chairman of the scientific council  
awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor

**M.E. Ikramova**  
Scientific secretary of the scientific council  
awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, s.r.a

**A.M. Eminov**  
Chairman of the academic seminar under the  
scientific council awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of (PhD) thesis)

**The aim of the research work:** is to develop an effective composition of iron-composite materials and a technology for producing ring bearing parts based on them.

**The object of the research work:** is ferromanganese- FeMn 3, ferrochrome- FeCr, ferrosilicon Fe<sub>4</sub>Si<sub>3</sub> secondary metal, steel processing waste and chemical modifiers.

**Scientific novelty of the research work is followings:**

a new metal-composite material with an effective composition has been created, using secondary metal waste, in order to obtain a ring of parts used in the production of rotation bearings used in mechanical engineering;

on the basis of the created new metal-composite material, a technology for the preparation of bearing parts has been developed;

the production of import-substituting metal-composite bearing materials has been established in local conditions;

the optimal filler composition has been determined to improve the composition and properties of bearing materials obtained by pouring under pressure from secondary raw materials;

the resulting bearing parts have been used in machine-building units, and recommendations on performance indicators have been developed.

**The introduction of research results.** Based on the results of research on the development of an effective composition of iron-composite materials and the technology of obtaining ring bearing parts based on them:

the manufactured bearing clips and ball bearings developed from antifriction-wear-resistant metal-composite materials were introduced at the Piskent Cotton gin Plant (Reference «PAXTASANOAT ILMIY MARKAZI» dated December 14, 2021 No. 02-11/557). As a result, it is possible to improve the efficiency of working bodies, reduce resistance during use and to a certain extent increased productivity and reduced the cost of power consumption of machines and mechanisms.

metal-composite materials with high physico-mechanical and antifriction-wear-resistant properties were introduced at the Piskent cotton gin plant (Reference «PAXTASANOAT ILMIY MARKAZI» dated December 14, 2021 No. 02-11/557). As a result, it is possible to increase the wear resistance, strength and, accordingly, the durability of the bearing cage by 2.0-2.5 times.

**Structure and size of the dissertation:**The structure of dissertation consists of four chapters, conclusions, a list of used literature and applications. The volume of dissertation is 113 pages.

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

**I-бўлим (I-часть; I-part)**

1. Мадаминов З.К., Баймирзаев А.Р., Мамиров А.М. Подшипник деталларини вакуум остида қуйиш ва унинг афзалликлари // Композицион материаллар, №1, 2018, - С. 106-107 (05.02.01; №13).

2. Баймирзаев А.Р. Data sheet materials and types of bearing details // International journal of advanced research in science engineering and technology (IJARSET), Volume 6, Issue 9, 2019, - С. 10806-10808 (05.02.01; №8).

3. Баймирзаев А.Р. USE OF INNOVATIVE LOGICAL PROGRAMS IN THE DESIGN OF BEARING RINGS // JournalNX- A Multidisciplinary Peer Reviewed Journal (Impact factor 7.2) Volume 6, Issue 11, 2020, с. 183-184.

4. Тожибоев Б.М., Баймирзаев А.Р. Темир – композит материалларидан подшипник деталларини олиш учун печ танлаш ва қолиплаш формасини тайёрлаш // Композицион материаллар, № 2, 2021, - С. 297-299 (05.02.01; №13).

5. Тожибоев Б.М., Баймирзаев А.Р. Тайёрланган подшипник детал темир - композит материалларини таркибий тадқиқотлаш усуллари // Композицион материаллар, № 3, 2021, - С. 231-233 (05.02.01; №13).

**II-бўлим (II-часть; II-part)**

6. Баймирзаев А.Р. Research on the production of bearing details in a modern method // International Journal on Integrated Education. Volume 4, Issue 3, 2021, 269-271.

7. Мадаминов З.К., Баймирзаев А.Р. Production of Bearing Parts by Means of Vacuum Casting // International Journal of Trend in Research and Development (ISSN: 2394-9333) Volume 5 Issue 2, 2018, Impact Factor 4.865, - С. 62.

8. Баймирзаев А.Р. Замоनावий усулда подшипник деталлар олиниши устида тадқиқотлар // “Илм-фан, таълим ва ишлаб чиқаришнинг инновацион ривожлантиришдаги замонавий муаммолар” ҳалқаро илмий-амалий анжуман, 2020, - С. 84-86.

9. Тожибоев Б.М., Баймирзаев А.Р. Podshipnik halqalarini ishlab chiqarishda texnologiya va asosiy bosqichlari // “Ёшларнинг инновацион фаоллигини ошириш, маънавиятини юксалтириш ва илм-фан соҳасидаги ютуқлари” Республика конференцияси, 31-август, 2020, - С. 428-429.

10. Баймирзаев А.Р. Effective use of casting methods in local conditions // Scientific-methodical journal of scientific progress. 2021, April, - С. 82-83.

11. Баймирзаев А.Р. Подшипникнинг ички ва ташқи халқа материаллини қуйма усулда олиш учун печ танлаш ҳамда уни тайёрлаш // Машинасозлик илмий-техника журнали. №1, 2021, - С. 31-35.

12. Тожибоев Б.М., Баймирзаев А.Р. ШХ-15 пўлат материаллининг қўлланилиши ва хусусиятлари // Рақамли технологиялар, инновацион ғоялар ва уларнинг уларни ишлаб чиқариш соҳасида қўллаш истиқболлари. 12-июнь, 2021, - С. 199-201.

13. Баймирзаев А.Р. Obtaining and efficiency of steel casting in local conditions in mechanical engineering // *Academicia Globe: Inderscience Research*. Volume 2, Issue 9, 2021, - С. 21-25.

Автореферат «Композицион материаллар» илмий техник журнали таҳририятида таҳриридан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Босмахона лицензияси:



**9338**

Бичими: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» гарнитураси.  
Рақамли босма усулда босилди.  
Шартли босма табағи: 3,5. Адади 100. Буюртма № 18/22.

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