

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

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ТУРСУНБАЕВ САРВАР АНВАРОВИЧ

**АЛЮМИНИЙ-ЛИТИЙ ҚОТИШМАЛАРИНИНГ МЕХАНИК ВА
ҚУЙМАКОРЛИК ХОССАЛАРИНИ ЯХШИЛАШ**

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– 2023

**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**

Турсунбаев Сарвар Анварович

Алюминий-литий қотишмаларининг механик ва қўймакорлик хоссаларини
яхшилаш.....3

Турсунбаев Сарвар Анварович

Улучшение механических и литейных свойств алюминиево-литиевых
сплавов.....19

Tursunbaev Sarvar Anvarovich

Improvement of mechanical and casting properties of aluminum-lithium
alloys34

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....38

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

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ТУРСУНБАЕВ САРВАР АНВАРОВИЧ

**АЛЮМИНИЙ-ЛИТИЙ ҚОТИШМАЛАРИНИНГ МЕХАНИК ВА
ҚУЙМАКОРЛИК ХОССАЛАРИНИ ЯХШИЛАШ**

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– 2023

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2020.2.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) ва “Ziyonet” Ахборот таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Тураходжаев Нодир Джахонгирович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Нурмуродов Салоҳиддин Дусмуродович
техника фанлари доктори, профессор
Шазимов Анортой Ўлжабаевич
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

Навоий давлат кончилиқ ва технологиялар университети

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.03.04 рақамли Илмий кенгашининг 2023 йил «4» февраль соат 14⁰⁰ 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.

Диссертация билан Тошкент давлат техника университети Ахборот ресурс марказида танишиш мумкин (300 - рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент шаҳар, Олмазор тумани, Университет кўчаси 2-уй. Тел./факс: (99871) 227-10-32.

Диссертация автореферати 2023 йил «23» январь куни тарқатилган.
(2023 йил «20» январдаги № 156-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 қўймакорлик соҳасининг муҳим вазифаларидан бири, қўймакорлик усулида олинаётган машинасозлик деталларининг мустаҳкамлигини ошириш, сифатини яхшилаш ва қўймакорлик хоссаларини такомиллаштириш ҳисобланади. Рангли қотишмалар айниқса алюминий асосидаги қотишмалари ўзининг ўзига хос хоссалари билан машинасозлик соҳасида муҳим ишлаб чиқариш материали ҳисобланиб, жаҳоннинг етакчи илмий-тадқиқот инситути олимлари томонидан алюминий қотишмалари устида олиб борилаётган илмий-тадқиқот ишлари, алюминий асосли қотишмаларнинг ейилишбардошлилиги, қаттиқлиги, суюқоқувчанлиги ва киришувчанлиги каби хоссаларини оширувчи суюқлантириш технологияларини такомиллаштиришга қаратилган. Бу борада, жумладан алюминий асосли алюминий-литий қотишмаларини суюқлантириб, улардан мустаҳкам ва енгил деталлар ишлаб чиқариш технологияларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади.

Алюминий асосли алюминий-литий қотишмалари устида бир қатор илмий изланишлар уларнинг хоссаларини оширган ҳолда сифатли қўйма маҳсулотлар ишлаб чиқаришга қаратилган. Ушбу соҳада жаҳоннинг етакчи давлатлари АҚШ, Канада, Япония, Хитой, Германия, Россия ва бошқа давлатларнинг илмий-тадқиқот марказларида алюминий-литий қотишмаларини вакуум шароитида суюқлантириш, суюқ алюминий қотишмаси таркибига литийни қўшиш, кукун металлургияси ёрдамида алюминий таркибига литийнинг бирикмаларни киритиш ва ушбу тадқиқот натижасида олинган қотишмалардан машинасозлик деталларини ишлаб чиқаришга алоҳида эътибор қаратилган. Республикамизда ҳам кейинги йилларда машинасозлик саноатининг турли соҳаларида қўймакорлик усулидан фойдаланиб, қўйма маҳсулотларини ишлаб чиқаришда рангли қотишмаларнинг, жумладан алюминий асосли қотишмаларнинг миқдорини ошиши сабабли деталларнинг сифатига бўлган талабнинг орттиши ресурс тежамкорлигини таъминлайдиган самарали усул асосида сифатли, мустаҳкам қўйма маҳсулотларини олиш технологиясини яратиш алоҳида аҳамият касб этмоқда.

Республикамизда машинасозлик деталларини қўймакорлик усули ёрдамида ишлаб чиқаришда ресурслардан кенг фойдаланиш ва ишлаб чиқариш самарадорлигини ҳамда сифат кўрсаткичларини оширишга хизмат қиладиган янги технологияларни яратиш бўйича тадқиқотларни ўтказиш ва уларни амалда қўллаш бўйича кенг кўламли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида “...машинасозлик заводлари негизида кон-металлургия машиналари, техникалари ва ускуналарини ишлаб чиқаришни жорий этиш ва маҳсулот турларини кенгайтириш, маҳаллийлаштириш даражасини ошириш ҳамда улар учун зарур жиҳозлар ва бутловчи қисмларни

ишлаб чиқаришни ташкил этиш ...”¹ бўйича муҳим вазифалар белгиланган. Юқоридаги вазифаларни амалга оширишда, жумладан, қуймакорлик усулида деталларни ишлаб чиқариш, такомиллаштирилган таркибли ва механик хоссалари оширилган янги материаллар олиш технологиясини ишлаб чиқиш муҳим аҳамиятга эгадир.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017-йил 7-февралдаги ПФ-4947 сонли “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида” ги фармони², Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2016-йил 26 -декабрдаги ПҚ-2698-сонли қарори билан” 2017-2019 -йиллар учун тайёр маҳсулотлар, бутловчи буюмлар ва материаллар ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштириш бўйича истиқболли лойиҳаларни янада амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисида” ги, 2018-йил 27-апрелдаги ПҚ-3682-сонли “Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалиётга татбиқ этиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида” ги қарорлари, ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация иши 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. Бугунги кунгача дунё олимлари, жумладан АҚШнинг Алабама университети олимлари А.Р. Киско, Ж.В. Жордон, Д.З. Авери, З.В. Макклеллан, Т. Лиу, Т.В. Рушинг , Л.Н. Пивовар, П.Г. Аллисон, Л.Гарсиялар томонидан “АА2099 маркали алюминий-литий қотишмасидан тайёрланган деформацияланадиган пластинканинг микроструктураси ва механик хоссалари” бўйича илмий иш олиб боришган ва юқори амплитудали деформацияларга дастлаб АА2099 маркали алюминий-литий қотишмаси чидамли, лекин асосан синишгача юмшашини, яъни бундай материал эластиклиги юқорилигини кўрсатган. Италиянинг Женоа университети тадқиқотчилари Е. Лертора, С. Гамбаро ўзларинг “АА8090 маркали Al-Li қотишмаси ишқаланишли ротацион пайвандлаш параметрларини камчиликларини камайтириш ва қотишманинг чарчок муддатини ошириш” мавзудаги тадқиқот ишида Al-Li қотишмаси механик хоссалари таҳлил қилинган. Хитойнинг Шенгянг Аэрокосмик Университети ва Хитой Фанлар Академиясининг металл тадқиқотлари институти олимлари Чжао Тянь-Чжан, Цзиньлун, Сюй Юн, Чжан Ши-Хунларнинг “2198 Al-Li маркали қотишмалардан тайёрланган лист ва механизмлардаги анизотропик деформация кучланиши” номли тадқиқот ишида Al-Li қотишмаларини термик

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон 2022 — 2026 йилларга мўлжалланган янги ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида фармони // <https://lex.uz/docs/5841063#5844719>

² 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

ишлов бериш йўллари ва ушбу қотишманинг анизотропик деформациясини камайтириш йўллари таҳлил қилинган. Бунда илмий изланувчилар термик ишлов беришнинг табиий ва суъний эскиртириш усулларидан фойдаланиб, қотишмага уч хил йўналишда анизотропик деформацияни ўрганишган. Биринчи йўналиш прокат йўналиши бўйича, иккинчиси 45° бурчак остида ва учинчиси бўйлама йўналишида анизотропик деформация таҳлил қилинган. Тажрибалар шуни кўрсатадики, тоблаш ва табиий эскиртиришда қотишманинг кристалл тузилиши ва дончалар шакли бир хил бўлганлиги анизотропик деформация ҳам уч хил йўналишда бир хилда бўлади.

Хитойнинг Харбин муҳандислик университети олимлари Ванг Й., Ву Й., Лиу М. арзонроқ легирловчи элементлар қўлланилиб керакли мустаҳкамлик, зарбий қовушқоқлик ва юқори эластиклик бўлган материал олиш технологиясини таклиф беришган. Бунда улар йиғиб туриб прокатлаш легирлаш усулини таклиф беришган.

МДХ давлатлари хусусан Россиялик ва Хитойлик олимлар С.Я. Бетсофен, Р. Ву, И. А. Гришин, А. А. Петров и К. А. Сперанский томонидан биргаликда ёзилган илмий мақолада Mg-5Li-3Al қотишмасидан тайёрланган механизмларнинг механик хоссалари таҳлил қилинган. Уларнинг тажрибалари шуни кўрсатадики, Mg-5Li-3Al қотишмасидаги литий кристалл панжарада атомлараро алоқаларни юмшатади ва бу нарса ушбу қотишмадан тайёрланган деталларнинг призматик тебранишлар чидамли ва анизотропия хосса камайишига олиб келади. Тожикистон технология университети ва Италиянинг Подуан университети тадқиқотчилари Назаров Ш.А., Ганиев И.Н., Ганиева Н.И., Каллиари И. ўзларинг хамкорликдаги илмий ишларида ноёб металллар билан легирланган алюминий литий қотишмаларининг микроструктураси ва механик хоссаларини таҳлил қилишган. Бунда улар тадқиқотни Al+6%Li маркали қотишма устида олиб борганлар. Қотишмаларни вакуум печида олиш технологиясини таклиф беришган. Ўзбекистон олимлар ҳам алюминий қотишмаларни суюқлантириш технологияси ва қотишма таркибидаги газлар ва нометалл қотишмаларни камайтириш бўйича тадқиқотлар олиб боришган. Жумладан Н.Д.Тураходжаев, А.О.Шазимов, Ю.Н.Мансуров, Ф.С.Абдуллаев каби етакчи олимлар алюминий қотишмаларининг хоссаларини яхшилаш устида тадқиқотлар олиб боришган ва бир неча ишлов бериш усулларини ишлаб чиқишган.

Алюминий-литий тизимидаги қотишмаларнинг қуймакорлик ва механик хоссалари, қум – гилли қолипларга қуйиб олиш технологияси, қум – гилли қолипларда олинган қуйма маҳсулотларини қуймакорлик хоссаларини ошириш ва бундан ташқари металл сарфини ҳамда шлак ажралиб чиқиш фоизини камайтириш каби муаммолар етарлича ўрганилмаган.

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

Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университетида илмий – тадқиқот ишлари режасига биноан “А-ОТ-2021-34” “Юқори сифатли енгил

алюминий-литий қотишмаларини олиш технологияси ишлаб чиқиш” Ўзбекистон-Хитой халқаро лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади. Алюминий-литий қотишмаларини механик ва қуймакорлик хоссаларини таъминлайдиган суюқлантириш технологиясини такомиллаштиришдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

алюминий-литий қотишмаларини суюқоқувчанлигини таъминлайдиган суюқлантириш технологиясини ишлаб чиқиш;

алюминий-литий қотишмаларини суюқлантиришда легирловчи сифатидаги литийнинг қотишмага таъсири асосида қаттиқлик ва ейилишбардошлиқни ошириш усулини ишлаб чиқиш;

қотишма таркибидаги газ ва нометалл қўшимчаларини литий-фторид бирикмаси ёрдамида камайтириш технологияси ишлаб чиқиш;

алюминий-литий қотишмаларини суюқлантириш жараёнида қотишма таркибидаги литийнинг йўқотилишини камайтирадиган ресурстежамкор технологияни ишлаб чиқиш;

алюминий-литий қотишмаларидаги литий миқдорини механик ва қуймакорлик хоссалари билан боғлиқлигининг математик моделини ишлаб чиқиш;

Тадқиқотнинг объекти сифатида АК7 ва Д16 маркали алюминий қотишмалари танлаб олинган.

Тадқиқотнинг предмети алюминий–литий қотишмалари таркибидаги литий миқдorigа боғлиқ ҳолда қуймакорлик ва механик хоссаларни ўзгариши, алюминий–литий қотишмалари тайёрланган деталлар структурасини яхшилаш ва қотишма таркибидаги газ ва нометалл қўшимчаларни камайтириш, қуйма маҳсулотларини олиш технологиясини ва суюқоқувчанлик хоссаларини ўзгариш қонуниятлари ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида алюминий асосли алюминий-литий қотишмаларининг структура-фазавий таркибини рентген дифрактометрли, намуналарнинг микро ва макроструктурасини оптик микроскопли ва намунадаги ғовақликлар микрофотосуратни электрон автоматик таҳлил қилиш усулларида фойдаланилган ҳамда уларнинг физик-механик ва эксплуатацион хоссаларини аниқлашда давлат стандартлари қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

алюминий-литий қотишмасининг янги таркиби литий-фторид бирикмасидаги фторнинг газларни қотишмадан шлакга чиқариш миқдори асосида ишлаб чиқилган;

алюминий-литий қотишмасини газ печида суюқлантириш технологияси литийнинг кислород билан таъсирланиши оқибатида литий фториднинг алюминийга қўшиш миқдorigа боғлиқлик графиги асосида ишлаб чиқилган;

ишлаб чиқилган янги маркадаги алюминий-литий қотишмаси таркибидаги литийнинг қотишма таркибидаги тақсимланиши қотишма таркибидаги фтор миқдорининг ўзгаришига боғлиқ равишда ишлаб чиқилган.

алюминий-литий қотишмасига сууқ ҳолатда ишлов бериш технологияси литийнинг сууқ алюминий билан таъсирланиши оқибатида литий куйиш миқдорининг литийнинг фторид бирикмасини киритиш массасига боғлиқлик графиги асосида ишлаб чиқилган;

алюминий-литий қотишмаларини сууқлантиришда сууқоқувчанлик хоссасини таъминлайдиган технологияси литий-фторид бирикмасининг сууқоқувчанликка боғлиқлик даражаси асосида ишлаб чиқилган;

Тадқиқотнинг амалий натижалари куйидагилардан иборат:

АК7 ва Д16 маркали алюминий қотишмаларни таркибига литий-фторид киритиш асосида унинг таркибини ўзгартириш асосида янги таркибли алюминий-литий қотишмаси олинди ва ишлаб чиқаришга жорий қилинган;

янги таркибли алюминий-литий қотишманинг куймакорлик хоссаларидан сууқоқувчанлик хоссаси оширилиш ҳисобига деталларни куйиш вақтидаги нуқсонлар олди олинди;

алюминий-литий қотишмаларини қаттиқлик ва ейилишбардошлилик хоссалари оширилиш асосида деталларнинг хизмат муддати ошириш технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги диссертация тадқиқот ишида ТошДТУ, Ўзбекистон-Япония ёшлар инновация маркази, Туркия Некметтин Эрбакан университетининг БИТАМ илмий-тадқиқот марказининг замонавий жиҳозлардан қаттиқликни ўлчаш қурилмалари, металлография ва рентгеноструктура таҳлиллари, элементлар таҳлили, ейилишбардошлик синовлари натижаларининг тўлиқ ўзаро боғлиқлиги, олинган тажриба натижалари мавжуд тажриба маълумотларига солиштирилганлиги ва ишлаб чиқаришга жорий қилинганлиги билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Чет эл тадқиқотчилари таҳлиллари ва тадқиқотларидан келиб чиқиб, янги таркибли алюминий-литий қотишмалари тавсия этилган. Янги таркибли алюминий-литий қотишмаси қум – гилли қолипларда куйма маҳсулотлари олиш технологияси жорий этилиб, алюминий-литий қотишмаларининг куймакорлик ва механик хоссалари ошиши билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, алюминий қотишмаларини қўшимча легирлаш ёки модификаторлар ҳисобига ҳамда сууқ ҳолатда ишлов бериш асосида механик хоссаларидан қаттиқлик ва ейилишга чидамлилигини ошган, деталларнинг хизмат муддатларини эса узайтирилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.

Куйиб олинадиган деталларни сууқоқувчанлиги, қаттиқлиги ва ейилишбардошлигини оширишда алюминий-литий қотишмасини сууқлантириш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олиб борилган тадқиқотлар асосида:

Алюминий-литий қотишмасининг янги таркиби машинасозлик деталларини ишлаб чиқариш учун “Агрегат заводи” АЖ га жорий қилинган (“Ўзавтосаноат” АЖнинг 2022 йил 1 февралдаги № 12/06-25-0147 – сон

маълумотномаси). Жорий қилиш натижасида деталларнинг хизмат муддати 16-19 % га ошган.

Алюминий-литий қотишмасини газ печида суёқлантириш технологияси “Агрегат заводи” АЖ га жорий қилинган (“Ўзавтосаноат” АЖнинг 2022 йил 1 февралдаги № 12/06-25-0147 – сон маълумотномаси). Жорий қилиш натижасида литийнинг суёқлантириш давридаги йўқотиши 25-27% га камайган.

Алюминий-литий қотишмасига суёқ ҳолатда ишлов бериш технологияси “Агрегат заводи” АЖ га жорий қилинган (“Ўзавтосаноат” АЖнинг 2022 йил 1 февралдаги № 12/06-25-0147 – сон маълумотномаси). Жорий қилиш натижасида литийнинг алюминий қотишмасидаги тақсимланишининг бир меъёрда бўлиши 8-10% га ортган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертациянинг тадқиқот натижалари 8 та, жумладан 6 та халқаро ва 2 та Республика илмий – амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 19 та илмий ишлар чоп этилган. Шулардан Ўзбекистон Олий Аттестация Комиссияси томонидан докторлик диссертацияларининг асосий илмий натижаларини чоп этилиши тавсия қилинган илмий нашрларда 11 та мақола, жумладан 3 таси Республика, 8 таси юқори импакт факторли журналларда (6 таси Scopus базасидаги) нашр этилган.

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

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурлиги 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 очиқ берилган, тадқиқот натижалари амалиётга жорий қилинган, нашр этилган илмий ишлар ва диссертация тузилиши ва ҳажми бўйича маълумот берилган.

Диссертациянинг “**Алюминий ва унинг қотишмаларининг саноатдаги ўрни ва уни ишлаб чиқаришдаги муаммолари. Al-Li қотишмалари**” деб номланган биринчи бобида мавзу бўйича адабиётлар таҳлил қилиниб, алюминий-литий қотишмаларининг қуйма деталларни ишлаб чиқаришда қўлланилиши, уларнинг кимёвий таркиби, хоссалари ўрганилган ва қотишма таркибидаги элементларнинг қотишма хоссаларига таъсири таҳлил қилинган. Дунёнинг етакчи олимларининг алюминий қотишмасига таркибига литийни киритиш технологиялари ўрганилган. Бундан ташқари алюминий

қотишмаларини литий элементи ирикмаларидан литий фторид бирикмаси, литий хлорид бирикмаси каби бирикмалари билан легирлашнинг мавжуд технологиялари таҳлил қилинган.

Автомобилсозлик ва машинасозлик саноатлари учун муҳим ҳисобланган алюминий-литий қотишмаларини қуйиб олиб ўрганиш жараёнидан келиб чиққан ҳолда ва таҳлил қилиш асосида қуйидаги хулосаларга келинган:

мамлакатимизнинг бир қатор машинасозлик корхоналарида алюминий қотишмаларидан қуйма маҳсулотлар қум – гилли қолипларда қуйиб олинмоқда. Бу эса корхоналардаги мавжуд алюминий қотишмаларининг қуймакорлик хоссаларидан суяқоқувчанлик хоссаси етарли даражада эмаслиги ҳисобига қолип формани охиригача тўлдирмаслиги ҳисобига деталларнинг нуқсонли чиқишига сабаб бўлмоқда;

машинасозлик деталларини қуйиб олишда алюминий қотишмаларидан АК7 каби қотишмаларидан кенг фойдаланилмоқда, лекин ушбу маркадаги қотишманинг механик хоссалари етарли даражада эмаслиги улардан қуйма усулда олинаётган деталларни хизмат муддатининг камайишига олиб келган;

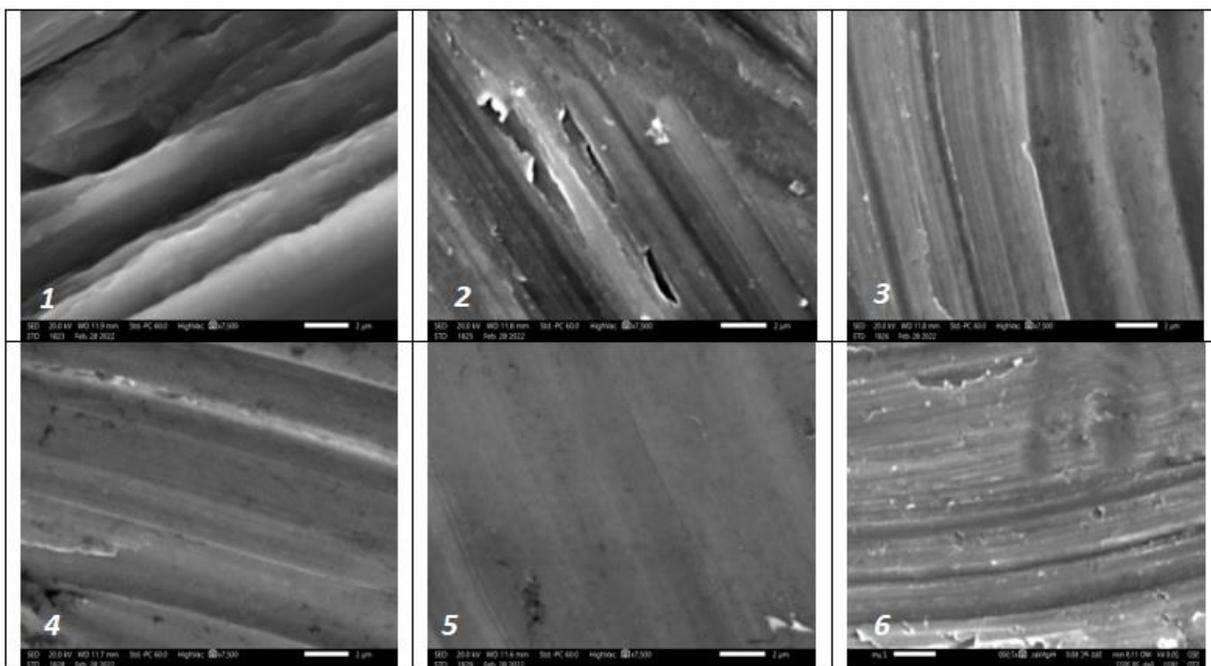
алюминий қотишмаларидан олинган қуйма маҳсулотларида ликвация (элементларни ҳажм бирлигида бир текис тақсимланмаслиги) жараёни мавжудлиги, бу эса деталларда ейилиш миқдорини ортишига ҳамда қотишманинг механик ва эксплуатацион хоссалари кескин камайишига олиб келган.

Ушбу муаммоларни ҳал этиш учун қуйидаги вазифаларни ишлаб чиқиш лозим:

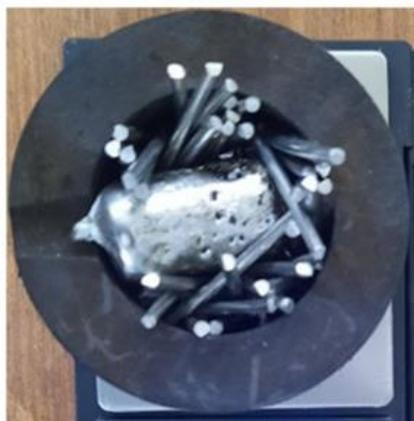
фойдаланиб келинаётган АК7 маркали алюминий қотишмаси таркибига легирловчи элемент сифатида литий фторид бирикмасини киритиб қуймалар қуйиб олиш жараёнини оптимал меъёрларини қўллаш орқали қотишма қуймакорлик, механик ва эксплуатацион хоссаларини таъминлаш керак;

Алюминий қотишмасида литийнинг бир меъёрда тақсимланиши учун литийни алюминий таркибига киритиш асосида деталларни ишлаб чиқиш ва бу орқали қотишмани қуймакорлик, механик ва эксплуатацион хоссалари яхшилаш мумкин.

Диссертациянинг **“Илмий тадқиқот ишини амалга ошириш методикаси”** деб номланган иккинчи бобида тадқиқот объекти сифатида машинасозлик корхоналарида қўлланилаётган АК7 ва Д16 маркали қотишмаларни таҳлил усуллари келтирилган. Жумладан намуналар таркибидаги газ ғовақларини ўрганиш учун Ўзбек-Япон инновацион ёшлар марказидаги қошидаги JSM-IT200 модели электрон микроскопдан фойданилган. Бунда ушбу микроскопимиз ёрдамида намуналаримиз 7000 мартагача катталаштирилиб олинган (1-расм). Олинган микроскопик таҳлиллар асосида намуналар таркиби, унинг таркибидаги газ ғовақларининг камайиши ўрганилган. Намуналар икки хил усулда қуйиб олинган бўлиб, биринчи усулда алюминий таркибига литий фторид бирикмаси алюминий фолгага ўралган ҳолатда қўшилган, иккинчи усулда ўралмаган ҳолатда қўшилган (2-расм).



1-расм. Литий фторид қўшилган намуналарнинг микроскопик тасвирлари. 1,2,3-очиқ муҳитда қўшилган намуналар. 4,5,6-ёпиқ муҳитда қўшилган намуналар.



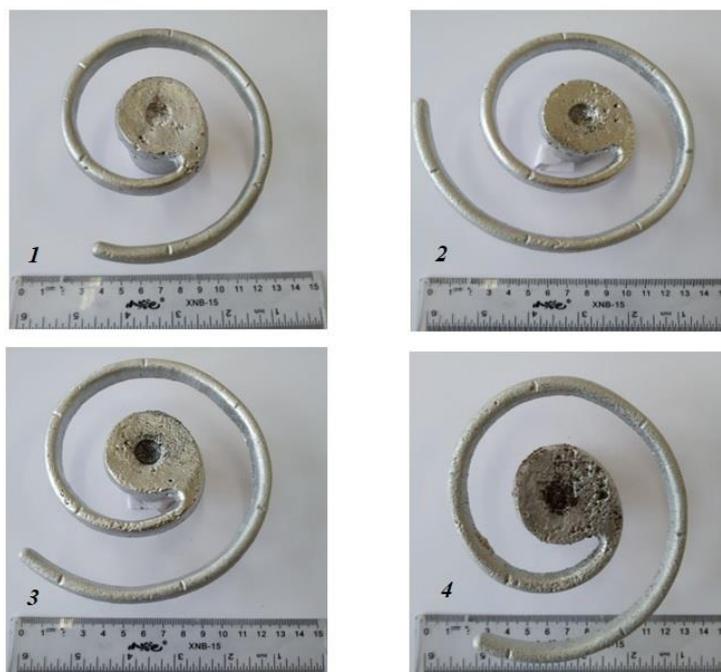
а)



б)

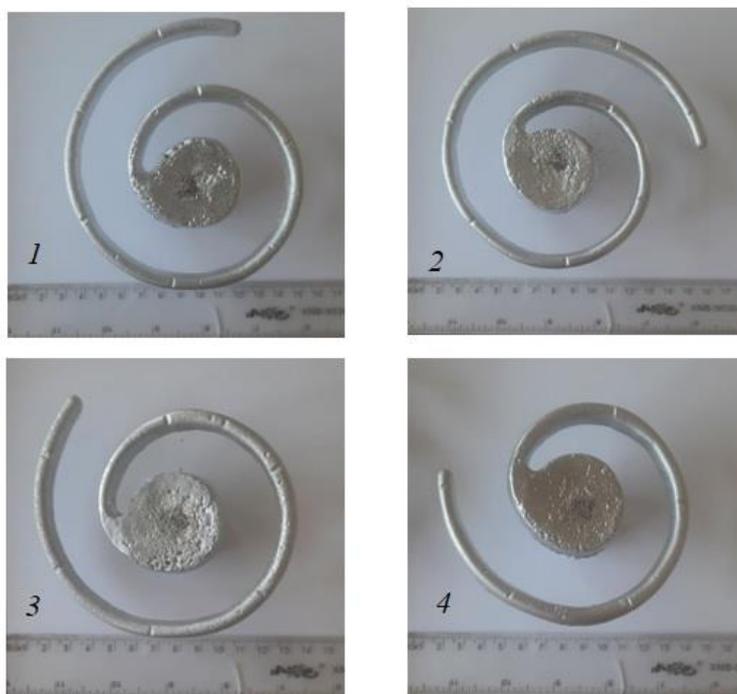
2-расм. Алюминий қотишмасига қўшилган LiF бирикмаси. а- ўралган LiF; б- ўралмаган LiF.

Бундан ташқари қуймакорлик хоссаларидан суяқоқувчанлик хоссасини ўрганишга рангли қотишмалар учун мўлжалланган спирал намуналарда фойдаланилди. Намуналарининг қаттиқлигини аниқлашда Роквелл прессида ва абразив ейилишбардошлиликни аниқлаш учун ПВ-7 қурилмасидан ҳамда чет эл аналоглари асосида ясалган олмос дискли қурилмадан фойдаланилди. Қурилмаларнинг ишлаш принципи диссертациянинг икки бобида тўлиқ келтирилган ва ҳар бир усул таҳлил қилинган.



3-расм. Қуйилган намуналар.

1- литий фтор қўшилмаган АК7; 2-литий фтор 5% қўшилган намуна; 3-литий фтор 10% қўшилган намуна;4-литий фтор 15% қўшилган намуна.



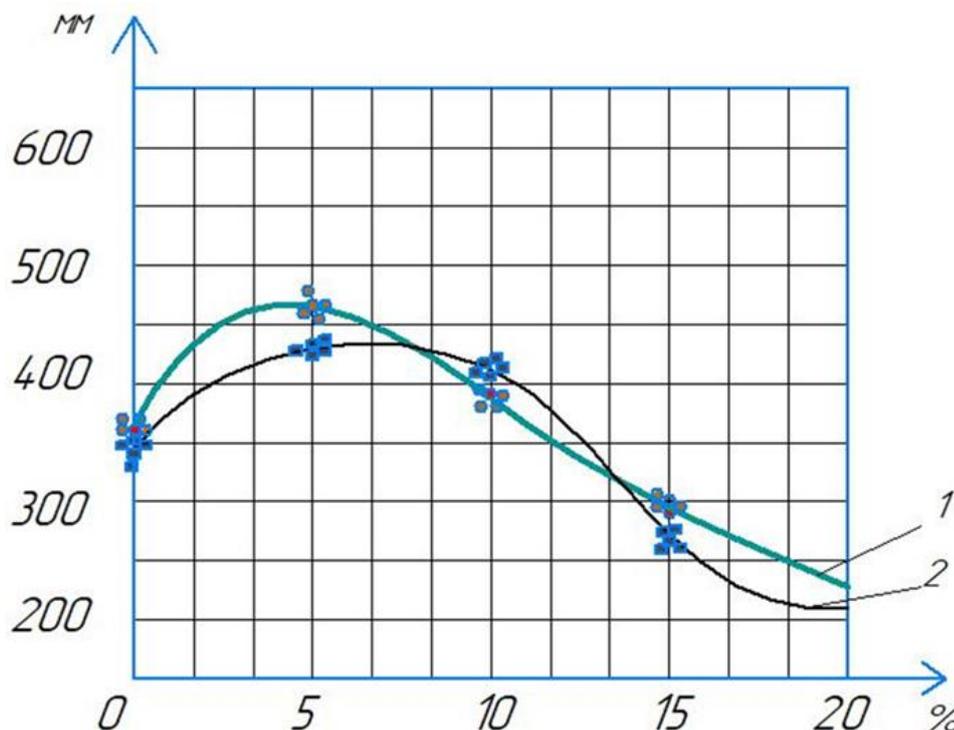
4-расм. Қуйилган намуналар.

1- литий фтор қўшилмаган Д16; 2-литий фтор 5% қўшилган намуна; 3-литий фтор 10% қўшилган намуна; ; 4-литий фтор 15% қўшилган намуна.

Диссертациянинг “Алюминий-литий қотишмаларида литийнинг қотишма хоссаларига таъсирини тадқиқот қилиш” деб номланган учинчи бобида АК7, Д16, А000 маркали алюминий қотишмаси таркибини ўзгартириб, қотишманинг қуймакорлик ва механик хоссаларига литий элементини таъсири тадқиқ қилинган. Қуймакорлик хоссаларидан суяқоқувчанлик

хоссаси спирал намуна ёрдамида аниқланиб, литий фторид бирикмасини таъсири таҳлил қилинди. Олинган намуналар 3-4-расмларда келтирилган.

Олинган натижалар асосида литий фторид бирикмасини алюминий қотишмасига киритиш миқдори билан қотишманинг суюқоқувчанлик хоссасига таъсири графиги ишлаб чиқилди [1-график].



1-график. Суюқоқувчанликни литий фторид миқдори билан таъсирини графиги. 1-чизик АК7; 2-чизик Д16.

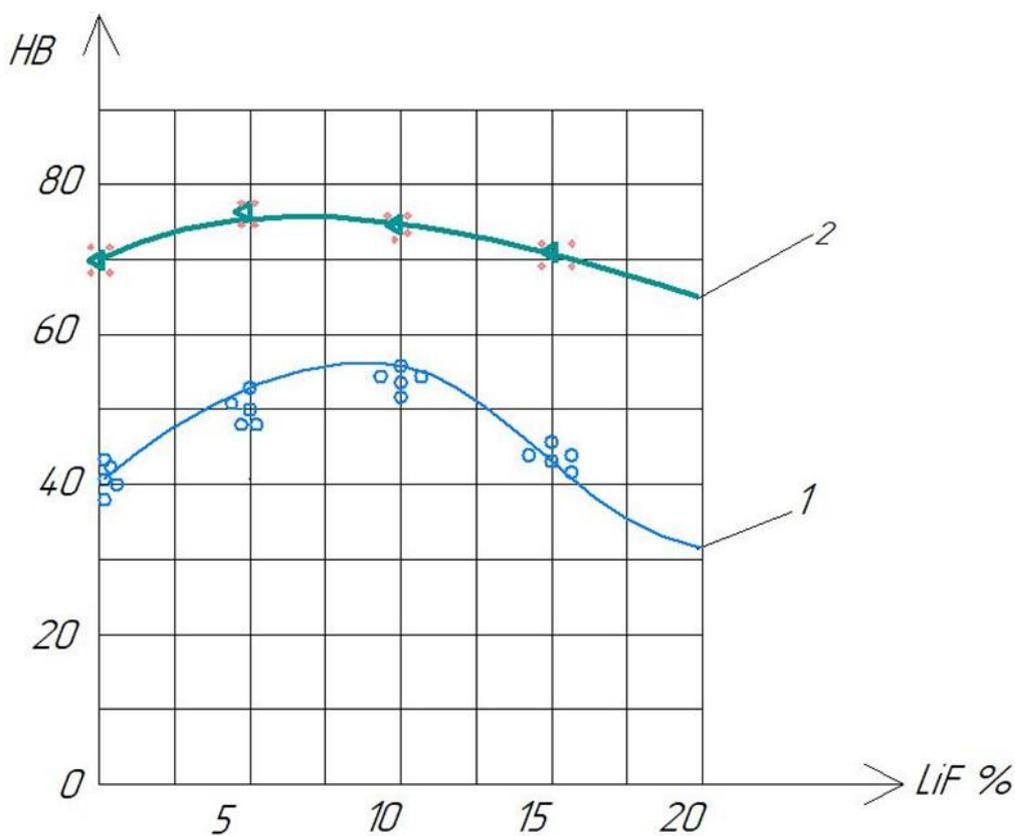
Кейинги бўлимларда литий фторид бирикмасини механик хоссалардан қаттиқлик ва ёйилишбардошлиликка таъсири тадқиқ қилинган. Хар бир намунага литий фторид миқдори 5% дан 15% гача миқдорда қўшилган бўлиб, барча намуналарга литий фторид алюминий фолгага ўралган ҳолатда киритилган.

Иккинчи графикда литий фторид миқдорини қаттиқликка таъсири келтирилган. Графикдан кўриш мумкинки 5-10 % миқдорда қўшилган литий фторид қотишма қаттиқлигига ижобий таъсир ўтказган.

Ажратиб олинган намуналар живирллаб ўлчанадиган юзаси текисланди. Қаттиқликни ўлчаш учун N3A ПЭ модели Роквелл прессида фойдаланилди. Тажрибалар Туркиянинг Коня шаҳри Некметинн Эрбакан Университети ВІТАМ тадқиқот марказида олиб борилди. Текисланган намуналарни Роквелл прессида кетма-кетликда бир намунани 3 та нуқтасидан ўлчаб олинди. Намуналарни қаттиқлигини ўлчаш натижалари 1- жадвалда келтирилган. Олинган натижалар асосида қаттиқлик билан литий фторид миқдори боғлиқлиги графиги ишлаб чиқилди.

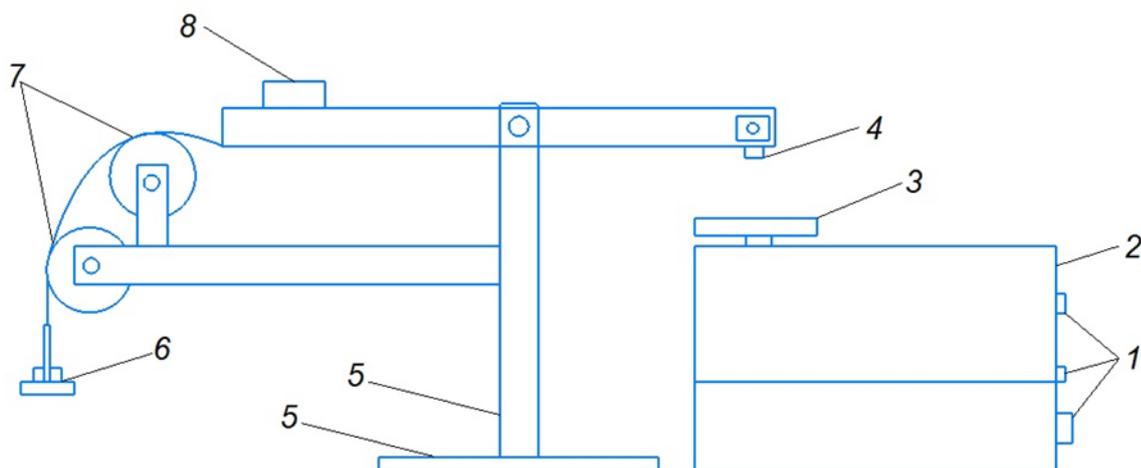
Намуналарни қаттиқлигини ўлчаш натижалари

№	Намуналар	НВ-1	НВ-2	НВ-3	НВўрта
1	АК7	71	73	74	72
2	АК7+5% LiF	78	77	78	77.5
3	АК7+10% LiF	76	75	76	75.3
4	АК7+15% LiF	70	69	71	70
5	Д16	41	43	41	41
6	Д16+5% LiF	53	51	52	52
7	Д16+10% LiF	57	58	56	56
8	Д16+15% LiF	45	44	44	44



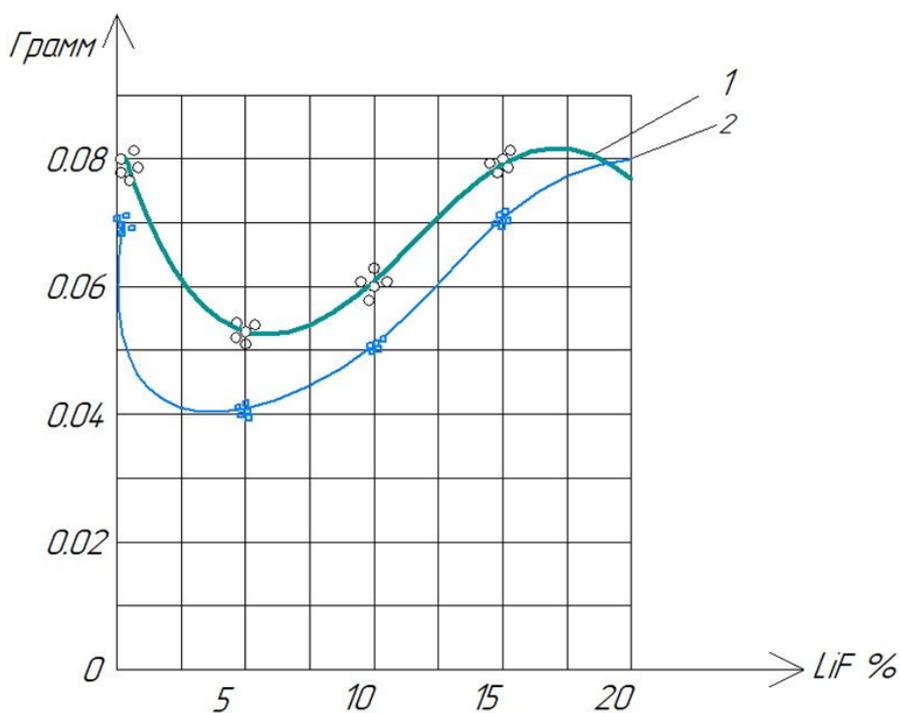
2-график. Қаттиқлик билан литий фторид миқдори боғлиқлиги графиги,

1-Д16, 2-АК7.



5-расм. Ейилишбардошлиликни ўлчовчи вертикал олмос дискли қурилма чизмаси.

Ейилишбардошлилик абразив мухитда синовдан ўтказилди. Бунда қотишма маълум вақт оралиқларда олмос дискли қурилмада 50 Н куч таъсирида ушлаб турилди ва йўқотилган массалари тарозида ўлчаб олинди. Қурилма схемаси 5-расмда берилган. Боғлиқлилик графиги ишлаб чиқилди (3-график).



3-график. Литий фторид миқдорини ейилишбардошлиликка таъсири, 1- АК7, 2- Д16.

Диссертациянинг “Алюминий-литий қотишмаларининг қуймакорлик ва механик хоссаларини математик моделлаштириш” деб номланган тўртинчи бобида юқоридаги олинган натижалардан фойдаланган ҳолда математик моделлаштириш масаласини кўриб чиқилган.

Дастлаб, алюминий қотишмасининг суюқоқувчанлик хоссасига литий фторид бирикмасининг фоиз миқдорда таъсири математик модели ишлаб чиқилган.

Суюқоқувчанлик учун:

АК7 маркали қотишма учун

$$\varphi(\eta) = 0,195\eta^3 - 8,822\eta^2 + 107,67\eta \quad (1)$$

Д16 маркали қотишма учун

$$\varphi(\eta) = 0,173\eta^3 - 8,933\eta^2 + 113\eta \quad (2)$$

Бу ерда

η - литий фторид миқдори (%); $\varphi(\eta)=y$ – суюқоқувчанлик (мм).

Қаттиқлик учун:

АК7 маркали қотишма учун

$$\varphi(\eta) = 8.27 \cdot 10^{-3}\eta^3 - 0.438\eta^2 + 6.16\eta \quad (1)$$

Д16 маркали қотишма учун

$$\varphi(\eta) = 7.3 \cdot 10^{-3}\eta^3 - 0,931\eta^2 + 4.54\eta \quad (2)$$

Бу ерда

η - литий фторид миқдори (%); $\varphi(\eta)=y$ – қаттиқлик (НВ).

Ейилишбардошлилик учун:

АК7 маркали қотишма учун

$$\varphi(\eta) = (1.78 \cdot 10^{-3})\eta^3 - (5.1 \cdot 10^{-4})\eta^2 + (8.3 \cdot 10^{-4})\eta \quad (1)$$

Д16 маркали қотишма учун

$$\varphi(\eta) = (2 \cdot 10^{-5})\eta^3 - (7 \cdot 10^{-4})\eta^2 + (11 \cdot 10^{-3})\eta \quad (2)$$

Бу ерда

η - литий фторид миқдори (%); $\varphi(\eta)=m$ – йўқотилган масса.

Таъкидлаш лозимки, ҳосил қилинган функциялардан Лагранж кўпхадларининг даражасини жадвал ва графиклардаги маълумотлар асосида етарлича катта қилиб, ҳосил қилиш мумкин. Бу кўпхадлардаги ўзгарувчининг

энг юқори даражаси олдидаги коэффитциент қийматидан кўринадики, биз чекланган ҳол етарли маълумотларни олиш имконини беради.

Шунингдек, ушбу функциялар дастлабки тажриба натижаларига асосланган ҳолда, кейинги натижаларни тажриба ўтказмасдан аниқлаш имконини беради.

ХУЛОСА

- 1.Алюминий-литий қотишмаларни суюқлантиришда суюқоқувчанлик хоссасини таъминлайдиган технологияни литий-фторид бирикмасини шихта таркибига киритиш асосида ишлаб чиқилган. Бунинг натижасида қотишма оқувчанлиги 1.15-1.2 мартагача ошган;
- 2.Қаттиқлик ва ёйилишбардошликни ошириш учун АК7 ва Д16 маркали алюминий қотишмаларини суюқлантириш даврида литий-фторид бирикмаси литий миқдорида боғлиқлик асосида ишлаб чиқилган. Бунинг натижасида асос қилиб олинган алюминий қотишмаси қаттиқлиги 1.07-1.2 мартагача ошган;
3. Алюминий-литий қотишмасининг янги таркиби машинасозлик деталларини ишлаб чиқариш учун жорий қилинган. Жорий қилиш натижасида деталларнинг хизмат муддати 16-19 % га ошган.
4. Алюминий-литий қотишмасини газ печида суюқлантириш технологияси жорий қилинган. Жорий қилиш натижасида литийнинг суюқлантириш давридаги йўқотиши 25-27% га камайган;
5. Алюминий-литий қотишмасига суюқ ҳолатда ишлов бериш технологияси жорий қилинган. Жорий қилиш натижасида литийнинг алюминий қотишмасидаги тақсимланишининг бир меъёрда бўлиши 8-10% га ортган.;
- 6.Алюминий қотишмаси литий фторид бирикмаси таъсирида асосида шлак ажралиб чиқиши камайиши 1.2-1.23 марта камайган.

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

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ТУРСУНБАЕВ САРВАР АНВАРОВИЧ

**УЛУЧШЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ И ЛИТЕЙНЫХ СВОЙСТВ
АЛЮМИНИЕВО-ЛИТИЕВЫХ 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**

Тошкент – 2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером B2020.2.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) и информационно – образовательном портале «Ziyonet» по адресу (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:

Тураходжаев Нодир Джахонгирович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Нурмуродов Салохиддин Дусмуродович
доктор технических наук, профессор
Шазимов Анортой Ўлжабаевич
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация:

Навоийский государственный горно-технологический университет

Защита диссертации состоится «4» февраля 2023 г. в 14⁰⁰ 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)

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного транспортного университета (регистрационный номер - 300). (Адрес: 100095, г. Ташкент, Алмазарский район, ул. Университетская, 2. Тел./факс: (99871) 227-10-32.

Автореферат диссертации разослан «23» января 2023 года.

(протокол реестра № 156 от «20» января 2023 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. Одной из важных задач мировой литейной промышленности является повышение прочности, улучшение качества и улучшение заливочных свойств деталей машиностроения, полученных методом заливки. Сплавы цветных металлов, особенно сплавы на основе алюминия, считаются материалом для производства вентиляторов в области машиностроения с их уникальными свойствами, и исследовательская работа, проводимая учеными ведущего в мире научно-исследовательского института алюминиевых сплавов, направлена на совершенствование технологий плавления, которые повышают свойства сплавов на основе алюминия, таких как ударная вязкость, твердость, текучесть и проникающие свойства. В связи с этим важно развивать технологии производства из них твердых и легких деталей, в том числе путем плавления алюминий-литиевых сплавов на алюминиевой основе.

Ряд научных исследований по алюминий-литиевым сплавам на основе алюминия направлен на производство качественных литейных изделий, повышение их свойств. В этой области особое внимание уделяется плавлению алюминий-литиевых сплавов в условиях вакуума, добавлению лития в состав жидкого алюминиевого сплава, введению соединений лития в алюминий методом порошковой металлургии и изготовлению деталей машин из сплавов, полученных в результате этих исследований в исследовательских центрах ведущих мировых стран США, Канада, Япония, Китай, Германия, Россия и другие страны. В нашей республике также в последующие годы началось создание технологии получения высококачественных, цельнолитых изделий на основе эффективного метода, обеспечивающего повторную обработку повышенного спроса на качество деталей за счет увеличения количества цветных сплавов, в том числе сплавов на основе алюминия, при производстве литейных изделий методом литья в различных.

В республике реализуется широкий комплекс мер по проведению исследований и применению их на практике с целью широкого использования ресурсов в производстве методом литья деталей машиностроения и создания новых технологий, которые послужат повышению эффективности производства и показателей качества. В стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы "...внедрение производства горно-металлургических машин, механизмов и оснастки на базе машиностроительных заводов и расширение ассортимента выпускаемой продукции, повышение степени локализации и организация производства необходимого оборудования и комплектующих к ним..." определены важные задачи. При реализации вышеуказанных задач, в том числе при изготовлении деталей методом заливки, важна разработка технологии получения новых материалов с улучшенным составом и повышенными механическими свойствами.

Указ президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года № 4947 "О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан",

указ президента Республики Узбекистан от 26 декабря 2016 года № PQ-2698 "О мерах по дальнейшей реализации перспективных проектов для локализации производства готовой продукции, комплектующих и материалов для инновационных идей, в определенной степени работа над данной диссертацией служит реализации задач, поставленных решениями "О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения технологий и проектов", а также другими нормативными правовыми актами, связанными с этой деятельностью.

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 ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. По сей день ученые со всего мира, в том числе ученые из Университета Алабамы в США А.Р. Киска, Дж. Б. Джардан, Д.З. Эвери, З.Б. Макклеллан, Т. Лью, Т.В. Рашинг, Л.Н. Пивовар, П.Г. Эллисон, Л.Гарсион, провели научную работу по "микроструктура и механические свойства деформируемой пластины, изготовленной из алюминиево-литиевого сплава марки AA2099" и показали, что высокоамплитудные деформации изначально были устойчивы к алюминиево-литиевому сплаву марки AA2099, но в значительной степени размягчались до разрушения, то есть такой материал обладает высокой эластичностью. Исследователи из Университета Генуи, Италия Э. Лертора, С. В исследовательской работе на тему "Вращение трением сплава Al-Li марки AA8090 для уменьшения дефектов параметров сварки и увеличения продолжительности усталости сплава" были проанализированы механические свойства сплава Al-Li. В исследовательской работе под названием "Напряжение анизотропной деформации в изделиях и механизмах, изготовленных из сплавов марки 2198 Al-Li" Чжао Тянь-Чжана, Цзиньлуна, Сюй Юна, Чжан Ши-Хунса ученые из Китайского аэрокосмического университета Шэньян и Института исследования металлов Китайской академии наук проанализировали способы термической обработки сплавов Al-Li и способы уменьшения анизотропии. При этом научные исследователи использовали естественные и суровые методы термической обработки для изучения анизотропной деформации в трех различных направлениях к сплаву. Анизотропную деформацию анализировали в поперечном, втором - под углом 45° и третьем - в продольном направлении. Эксперименты показывают, что кристаллическая структура сплава и форма гранул одинаковы при рафинировании и естественном износе, анизотропная деформация также одинакова в трех разных направлениях.

Ученые из Харбинского инженерного университета в Китае Ван Ю., Во Ю., Лю М. использовали более дешевые крепежные элементы, чтобы предложить технологию получения материала с необходимой прочностью,

позолотой и высокой эластичностью. При этом они предложили метод скатывания, сбора и раскатывания.

Страны СНГ, в частности российские и китайские ученые С. Я. Бетсафен, Р. Во, И. А. Гришин, А. А. Петров и Г. А. В научной статье, совместно написанной Сперанским, были проанализированы механические свойства механизмов, изготовленных из сплава Mg-5Li-3Al. Их эксперименты показывают, что кристалл лития в сплаве Mg-5Li-3Al размягчает межатомные связи в решетке, и это дело приводит к тому, что детали, изготовленные из этого сплава, устойчивы к призматическим колебаниям, а анизотропия приводит к уменьшению текстуры. Исследователи из Таджикского технологического университета и Итальянского университета Подуана Назаров Ш.А., Ганиев И.Н., Ганиева Н.И., Коллиари И. В своей научной работе они проанализировали микроструктуру и механические свойства алюминиево-литиевых сплавов, которые были выщелочены редкими металлами. При этом они провели исследование сплава марки Al+6%Li. Предложена технология получения сплавов в вакуумной печи. Ученые из Узбекистана провели исследования по технологии сжижения необработанных алюминиевых сплавов и восстановления газов и неметаллических сплавов в сплаве. В том числе Н.Д.Тураходжаев, А.О.Шазимов, Ю.Н.Мансурав, Ф.С.Абдуллаев провели исследования и разработали несколько методов обработки для улучшения свойств алюминиевых сплавов.

Недостаточно изучены такие проблемы, как литейное производство и механические свойства сплавов в алюминиево-литиевой системе, технология заливки в песчано-глиняные формы, повышение литейных свойств литейных изделий, полученных в песчано-глиняных формах, и, кроме того, снижение расхода металла и процента отделения шлака.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательской работы высшего учебного заведения, в котором выполнялась диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках узбекско-китайского международного проекта "Разработка технологии получения высококачественных легких алюминиево-литиевых сплавов" "А-ОТ-2021-34" согласно плану научно-исследовательской работы в Ташкентском государственном техническом университете.

Цель исследования. Заключается в разработке технологии плавления, которая обеспечивает литейные и механические свойства алюминиево-литиевых сплавов.

Задачи исследования:

разработка технологии плавления, обеспечивающей жидкотекучесть алюминиево-литиевых сплавов;

разработка способа повышения твердости и ударной вязкости, основанного на воздействии лития в качестве выравнивателя на сплав при плавлении алюминиево-литиевых сплавов;

разработка технологии, обеспечивающей равномерное распределение литиевого элемента в алюминиевых сплавах;

разработка технологии восстановления с использованием газа и комбинации фторида лития и зеркал в сплаве;

уменьшение отделения шлака в процессе разжижения алюминиевого сплава под действием соединения литий-фторид;

разработка технологии для уменьшения потерь лития в литейной матрице в процессе плавления алюминиево-литиевых сплавов.

В качестве объекта исследования были выбраны алюминиевые сплавы марок АК7 и Д16.

Предметом исследования является изменение литейных и механических свойств в зависимости от количества лития в алюминиево-литиевых сплавах, улучшение структуры деталей, в которых изготавливаются алюминиево-литиевые сплавы, и уменьшение содержания газов и зеркальных сплавов в структуре сплава, технология получения литых продукты и изменение свойств жидкотекучести.

Методы исследования. В ходе исследования применены методы электронно-автоматического анализа структурно-фазового состава алюминиево-литиевых сплавов на основе алюминия с помощью рентгеновского дифрактометра, микро-и макроструктуры образцов с помощью оптической микроскопии и микрофотографии пористости образца, а также государственные стандарты по определению их физико-механических и эксплуатационных свойств.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

новый состав алюминиево-литиевого сплава разработан на основе свойства фтора выделять газы из металла в шлак в процессе добавления литий-фторидного соединения к алюминию;

технология плавления алюминиево-литиевого сплава в газовой печи разработана на основе графика зависимости фторида лития от количества добавки к алюминию, вызванной реакцией лития с кислородом;

технология переработки алюминиево-литиевого сплава в жидком состоянии разработана на основе графика зависимости количества выгораний лития от массы введения комбинации лития с фторидом, вызванной реакцией лития с жидким алюминием;

технология, обеспечивающая свойство жидкотекучести при плавлении алюминиево-литиевых сплавов, разработана на основе степени зависимости химических соединений, образующихся при введении литий-фторидного соединения в сплав;

распределение лития в составе сплава новой марки алюминиево-литиевого сплава, разработанного на основе содержания фтора в сплаве

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

На основе изменения его состава на основе введения фторида лития в состав алюминиевых сплавов марки АК7 и Д16 был получен и внедрен в производство новый состав алюминиево-литиевого сплава;

из литейных свойств нового алюминиево-литиевого сплава были получены дефекты времени литья деталей из-за увеличения свойств жидкотекучести;

на основе повышения твердости и долговечности свойств алюминиево-литиевых сплавов была разработана технология увеличения срока службы деталей.

Достоверность результатов исследования диссертация основана на том факте, что в научно-исследовательской работе ТашГТУ, Узбекско-Японский молодежный инновационный центр, исследовательского центра БИТАМ турецкого университета Некметтин Эрбакан, приборы для измерения твердости из современного оборудования, анализ металлографии и радиоструктуры, анализ элементов, результаты научной и практической значимости результатов исследования. На основании анализа и исследований зарубежных исследователей были рекомендованы алюминиево-литиевые сплавы с новым составом. Внедрена технология получения литых изделий в песчано-глиняных формах из алюминиево-литиевого сплава нового состава, основанная на повышении литейных и механических свойств алюминиево-литиевых сплавов.

Практическая значимость результатов исследований объясняется тем, что за счет дополнительного выщелачивания или модификаторов алюминиевых сплавов, а также на основе обработки в жидком состоянии их механические свойства повысились, твердость и устойчивость к скашиванию, а срок службы деталей был продлен.

Внедрение результатов исследования.

На основе проведенных исследований разработана технология плавления алюминиево-литиевого сплава с целью повышения жидкотекучести, твердости и ровности разливаемых деталей:

Новый состав алюминиево-литиевого сплава был внедрен в АО "Агрегатный завод" для производства деталей машиностроения (АО "Узавтосаноат" от 1 февраля 2022 г. № 12/06-25-0147 – ссылка на номер). В результате внедрения срок службы деталей увеличился на 16-19%.

Технология плавления алюминиево-литиевого сплава в газовой печи внедрена в АО "Агрегатный завод" (АО "Узавтосаноат" от 1 февраля 2022 г. № 12/06-25-0147 – ссылка на номер). В результате введения потери лития в период плавки снизились на 25-27%.

Технология переработки алюминиево-литиевого сплава в жидком состоянии внедрена в АО "Агрегатный завод" (АО "Узавтосаноат" от 1 февраля 2022 г. № 12/06-25-0147 – ссылка на номер). В результате внедрения распределение лития в алюминиевом сплаве по одной норме увеличилось на 8-10%.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований диссертации обсуждались на 8, в том числе 6 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. Всего по теме диссертации было опубликовано 19 научных работ. Из них 11 статей были опубликованы в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Узбекистана для публикации основных научных результатов докторских

диссертаций, в том числе 3 в Республике, 8 в журналах с высоким импакт-фактором (6 в базе Scopus).

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

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Введение основано на актуальности и необходимости темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследования, описаны объекты и субъекты, указаны приоритетные направления развития науки и техники Республики, описаны научная новизна и практические результаты исследования, научная теоретическая и практическая значимость результатов

В первой главе диссертации, озаглавленной "Роль алюминия и его сплавов в промышленности и проблемы его производства, сплавы Al-Li", анализируется литература по теме, рассматривается применение алюминиево-литиевых сплавов в производстве объемных деталей, их химический состав, свойства изучено и влияние элементов, содержащихся в сплаве, на свойства. Изучены технологии введения лития в состав алюминиевого сплава ведущих мировых ученых. Кроме того, производятся существующие технологии легализации алюминиевых сплавов с такими соединениями, как соединение фторида лития, соединение хлорида лития из ирикса литиевого элемента.

Следующие выводы сделаны из процесса заливки и изучения алюминиево-литиевых сплавов, которые считаются важными для автомобильной промышленности и машиностроения, и основаны на анализе:

на ряде машиностроительных предприятий нашей страны литые изделия из алюминиевых сплавов заливаются в песчано-глиняные формы. Это связано с недостаточными свойствами жидкотекучести существующих на предприятиях алюминиевых сплавов из-за того, что пресс-форма не заполняет форму до конца, что приводит к некачественному выходу деталей;

алюминиевые сплавы, такие как АК7, широко используются при литье деталей машин, но недостаточные механические свойства сплава этой марки привели к снижению срока службы деталей, полученных из них методом литья;

наличие процесса разжижения (равномерное распределение элементов в узлах объема) в литых изделиях, полученных из алюминиевых сплавов, что привело к увеличению количества в деталях, а также резкому снижению механических и эксплуатационных свойств сплава.

Для решения этих проблем необходимо разработать следующие задачи: необходимо обеспечить свойства литья сплава, механические и эксплуатационные, применяя оптимальные нормы процесса путем введения соединения фторида лития в качестве выщелачивающего элемента в структуру используемого алюминиевого сплава марки АК7;

Для равномерного распределения лития в алюминиевом сплаве можно разрабатывать детали, основанные на включении лития в алюминий, и за счет этого могут быть улучшены литейные, механические и эксплуатационные свойства сплава.

Вторая глава диссертации, получившая название "**Методология выполнения научно-исследовательской работы**", представляет в качестве объекта исследования укладки сплавов марок АК7 и Д16, которые используются на предприятиях машиностроения. В частности, для изучения газовых пор, содержащихся в образцах, использовался электронный микроскоп модели JSM-IT200 Узбекско-японского инновационного молодежного центра. При этом, используя этот микроскоп, наши образцы были увеличены до 7000 раз (рис. 1). Состав образцов, уменьшение газовых пор в его составе было изучено на основе полученных микроскопических зерен. Образцы заливали двумя различными способами, и в первом способе к алюминиевой композиции добавляли соединение фторида лития в сплаве, завернутом в алюминиевую фольгу, а во втором способе в неупакованном состоянии (рис 2.)

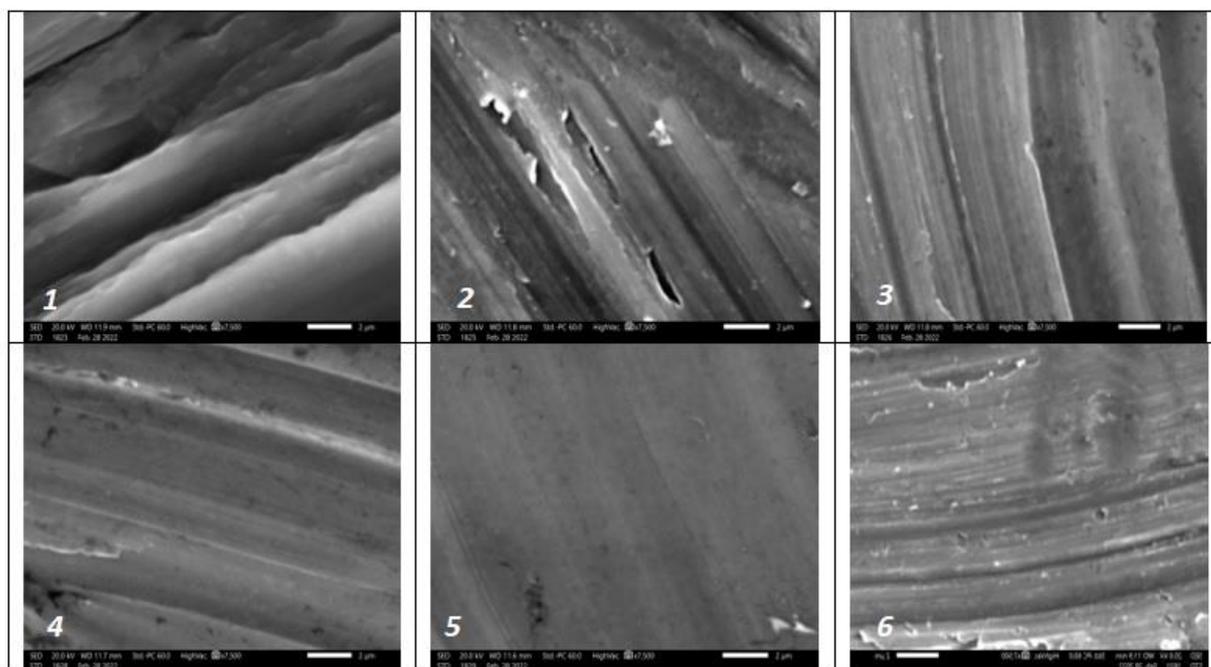


Рисунок 1. Микроскопические изображения образцов с добавлением фторида лития. 1,2,3-образцы, добавленные в открытой среде. 4,5,6-образцы, добавленные в закрытой среде.

Кроме того, исследование свойств жидкотекучести литейных свойств было использовано в спиральных образцах, предназначенных для цветных сплавов. При определении твердости их образцов использовалось устройство для алмазного диска, изготовленное на основе зарубежных аналогов, как от Роквелл пресс, так и от устройства ПВ-7 для определения однородности абразива. Принцип действия устройств полностью представлен в двух главах

диссертации и проанализирован каждый метод.

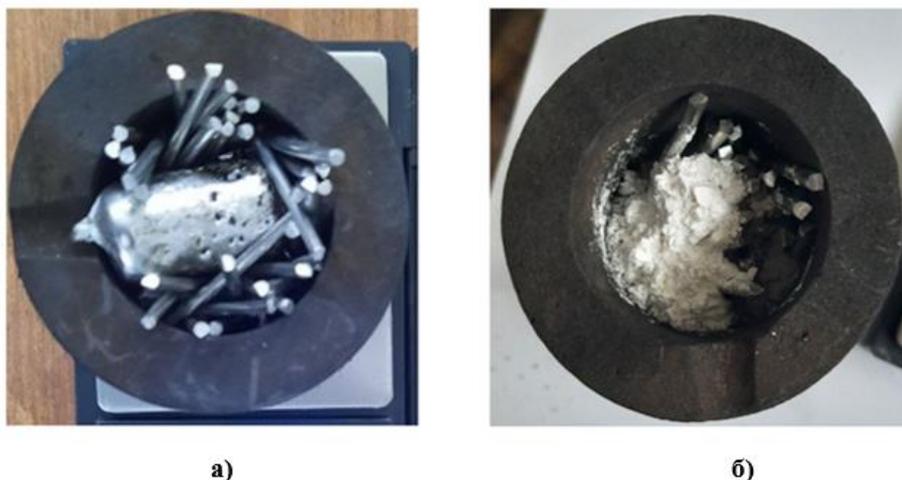


Рисунок 2. LiF добавленный в алюминиевый сплав. а-LiF закрытым способом; б-LiF открытым способом.

В третьей главе диссертации, озаглавленной "исследование влияния литья на свойства сплава в алюминий-литиевых сплавах", было исследовано влияние литиевого элемента на литейные и механические свойства сплава путем изменения состава алюминиевого сплава марки АК7, D16, А000. Свойства жидкотекучести литейных изделий были определены с использованием спирального образца, и было оценено влияние соединения фторида лития. Взятые образцы представлены на рисунке 3-4.

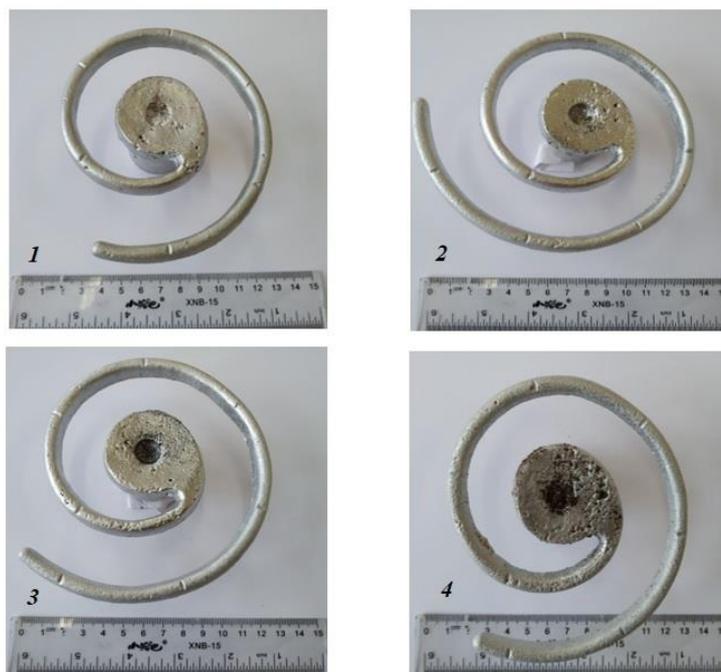
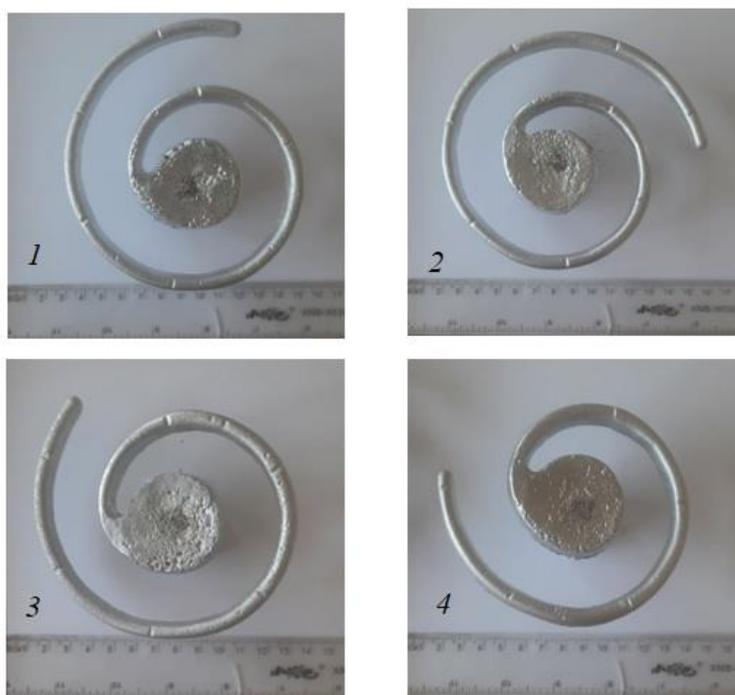


Рисунок 3. Образцы.

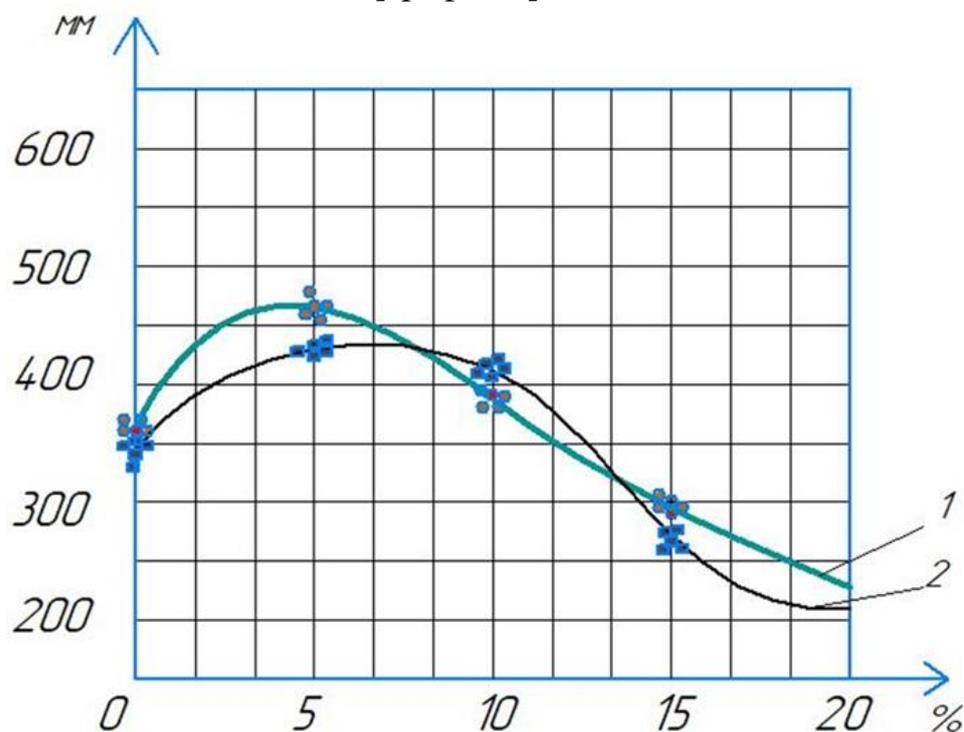
1-фтор лития без добавления АК7; 2-фтор лития с добавлением 5% образца; 3-фтор лития с добавлением 10% образца; 4-фтор лития с добавлением 15% образца.



4-рasm. Образцы.

1-фтор лития без добавления Д16; 2-фтор лития с добавлением 5% образца; 3-фтор лития с добавлением 10% образца; 4-фтор лития с добавлением 15% образца.

На основании полученных результатов был разработан график влияния соединения фторида лития на свойство жидкотекучести сплава с количеством его введения в алюминиевый сплав [график 1].



1- график. Зависимости жидкотекучести от количества фторида лития.

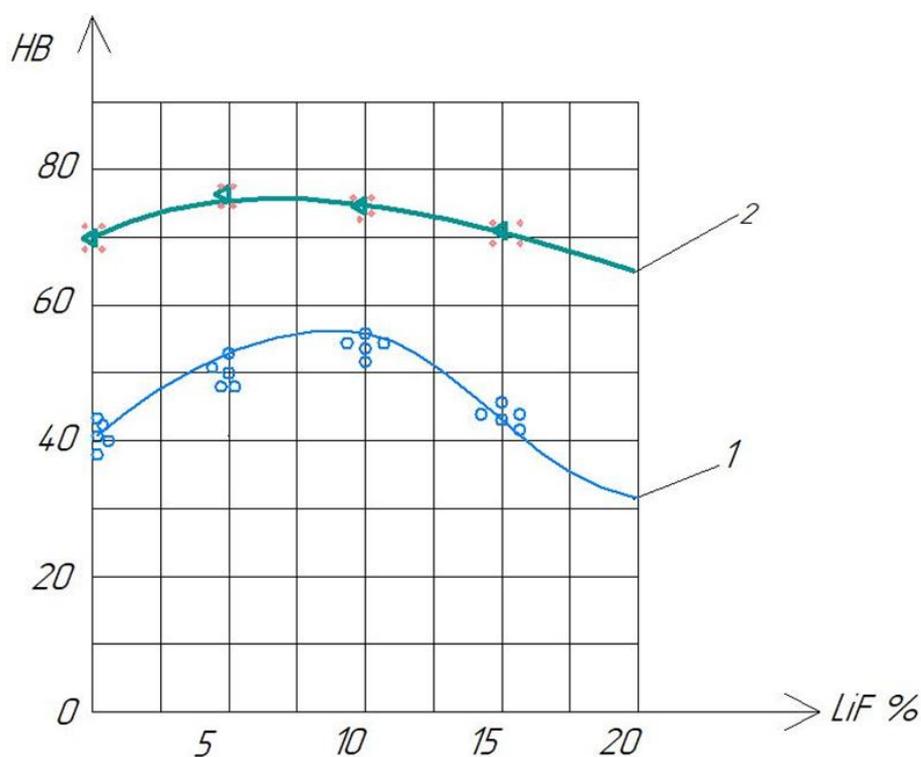
2- 1 - АК7; 2 - Д16.

В дальнейших разделах рассматривалось влияние соединения фторида лития на твердость и вязкость в зависимости от механических свойств. Фторид лития добавляли к каждому образцу в количестве от 5% до 15%, и фторид лития вводили во все образцы в состоянии, завернутом в алюминиевую фольгу.

Таблица 1.

Результаты измерения твердости образца

№	Образцы	НВ-1	НВ-2	НВ-3	НВ _{ср}
1	АК7	71	73	74	72
2	АК7+5% LiF	78	77	78	77.5
3	АК7+10% LiF	76	75	76	75.3
4	АК7+15% LiF	70	69	71	70
5	Д16	41	43	41	41
6	Д16+5% LiF	53	51	52	52
7	Д16+10% LiF	57	58	56	56
8	Д16+15% LiF	45	44	44	44



2-график. График зависимости количества фторида лития от твердости.

1 – Д16; 2 – АК7.

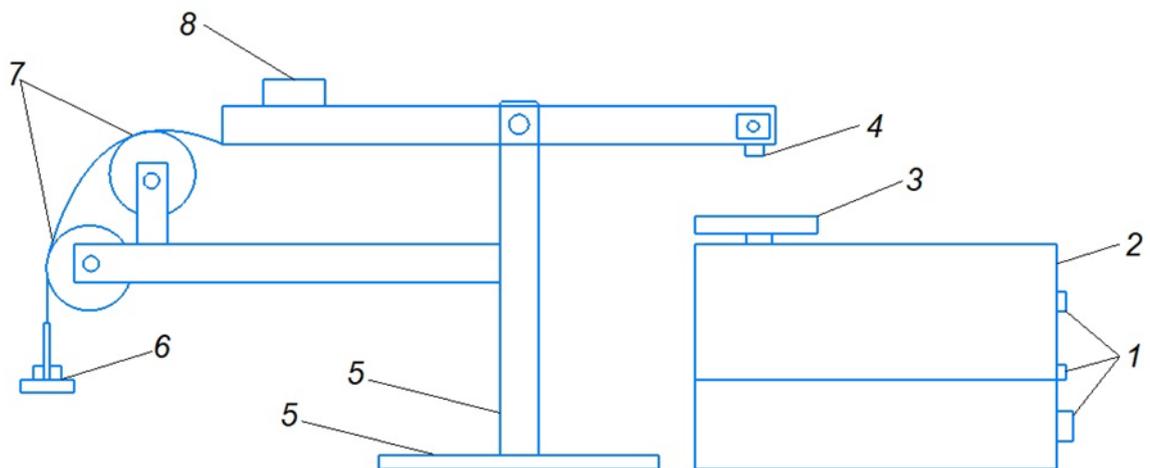
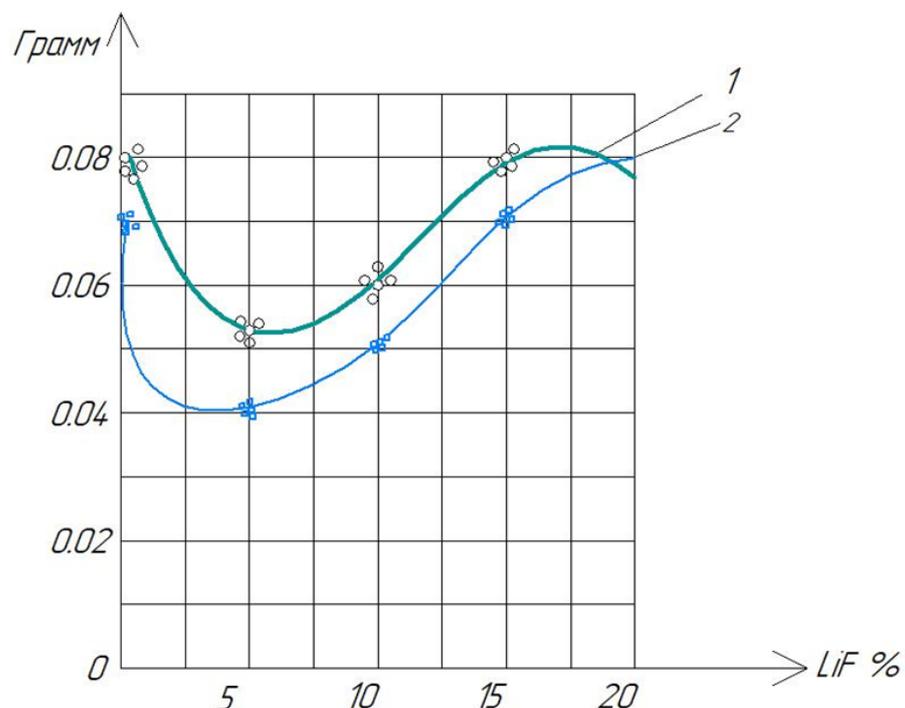


Рисунок 5. Чертеж устройства с вертикальным алмазным диском, измеряющим износостойкость.

На приведенном ниже графике показано влияние уровня фторида лития на твердость. Из графика видно, что добавленный фторид лития в количестве 5-10% оказал положительное влияние на твердость сплава.

Отделенные образцы были выровнены по поверхности. Для измерения твердости использовался пресс Rockwell модели N3APF. Эксперименты проводились в исследовательском центре ВІТАМ Университета Некметинн Эрбакан в Конье, Турция. Сплюсненные образцы измеряли на прессе Роквелла последовательно с 3 точек на образец. Результаты измерения твердости образцов представлены в таблице 1. На основании полученных результатов был разработан график зависимости количества фторида лития от твердости.



**График-3. Влияние уровня фторида лития на износостойкость.
1-АК7; 2-Д16**

Изностойкость была проверена в абразивной среде. При этом сплав удерживали в устройстве с алмазным диском через определенные промежутки времени под действием силы 30 н, а его потерянные массы измеряли на весах. Схема устройства представлена на рисунке 5. Разработан график зависимости (график 3).

В четвертой главе диссертации, озаглавленной "Математическое моделирование литейных и механических свойств алюминиево-литиевых сплавов", рассматривался вопрос математического моделирования с использованием результатов, полученных выше.

Первоначально была разработана математическая модель влияния соединения фторида лития в процентных количествах на свойства жидкожидкотекучести алюминиевого сплава.

Для жидкожидкотекучести:

Для сплава марки АК7

$$\varphi(\eta) = 0,195\eta^3 - 8,822\eta^2 + 107,67\eta \quad (1)$$

Для сплава марки Д16

$$\varphi(\eta) = 0,173\eta^3 - 8,933\eta^2 + 113\eta \quad (2)$$

Здесь

η - масса фторида лития (%); $\varphi(\eta)=y$ - (мм).

Для твердости:

Для сплава марки АК7

$$\varphi(\eta) = 8.27 \cdot 10^{-3}\eta^3 - 0.438\eta^2 + 6.16\eta \quad (1)$$

Для сплава марки Д16

$$\varphi(\eta) = 7.3 \cdot 10^{-3}\eta^3 - 0,931\eta^2 + 4.54\eta \quad (2)$$

Здесь

η - масса фторида лития (%); $\varphi(\eta)=y$ - твердость (НВ).

Для изностойкость:

Для сплава марки АК7

$$\varphi(\eta) = (1.78 \cdot 10^{-3}) \eta^3 - (5.1 \cdot 10^{-4})\eta^2 + (8.3 \cdot 10^{-4})\eta \quad (1)$$

Для сплава марки Д16

$$\varphi(\eta) = (2 \cdot 10^{-5}) \eta^3 - (7 \cdot 10^{-4})\eta^2 + (11 \cdot 10^{-3})\eta \quad (2)$$

Здесь

η - масса фторида лития (%); $\varphi(\eta)=m$ – потерянная масса.

Следует отметить, что из сгенерированных функций можно сформировать полигоны уровня Лагранжа, сделав их достаточно большими на основе данных в таблицах и графиках. Это видно из значения коэффициента перед самым высоким уровнем переменной в полиномах, что позволяет нам получать достаточные данные в конечном состоянии.

Кроме того, эти функции, основанные на результатах первоначального эксперимента, позволяют определить последующие результаты без проведения экспериментов.

ВЫВОД

1. Технология, обеспечивающая свойство жидкожидкотекучести при плавлении алюминиево-литиевых сплавов, разработана на основе включения в состав шихты соединения литий-фторид. Это привело к увеличению жидкотекучести сплава до 1,15-1,2 раза;
2. В период плавления алюминиевых сплавов марок АК7 и Д16 для повышения твердости и пластичности было разработано литий-фторидное соединение, основанное на зависимости от количества лития. Это привело к увеличению твердости алюминиевого сплава, взятого за основу, до 1,07-1,2 раз;
3. Введен новый состав алюминиево-литиевого сплава для производства деталей машиностроения. В результате внедрения срок службы деталей увеличился на 16-19%.
4. Внедрена технология алюминиево-литиевого сплава в газовой печи. В результате введения потери лития в период сжижения снизились на 25-27%;
5. Внедрена технология переработки алюминиево-литиевого сплава в жидком состоянии. В результате внедрения распределение лития в алюминиевом сплаве по одной норме увеличилось на 8-10%.
6. Снижение выделения шлака на основе действия соединения фторида лития из алюминиевого сплава было снижено в 1,2-1,23 раза.

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

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

TURSUNBAEV SARVAR ANVAROVICH

**IMPROVEMENT OF MECHANICAL AND CASTING PROPERTIES OF
ALUMINUM-LITHIUM 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 – 2023

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) and on the website of “ZiyoNet” information and educational portal (www.ziynet.uz)

Scientific supervisor:

Turakhodjaev Nodir Djakhongirovich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Nurmuradov Salakhiddin Dustmurodovich
doctor of technical sciences, professor
Shazimov Anortoy O'ljaboevich
candidate of technical sciences, associate professor

Leading organization

Navoi State University of Mining and Technology

The defense of the dissertation consists of «4» february 2023 at 11⁰⁰ 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)

The dissertation can be found at the Information Resource Center of the Tashkent State Technical University (registration number № 300). (Address: 100095, Tashkent, st. University 2. Tel./fax: (99871) 227-10-32)

The abstract of the dissertation is distributed on «23 » january in 2023.
(mealing report № 156 on «20» january in 2023).

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. It consists in the development of a melting technology that provides casting and mechanical properties of aluminum-lithium alloys.

Research objectives:

Development of liquefaction technology that ensures the fluidity of aluminum-lithium alloys;

Development of a method for increasing hardness and toughness, based on the effect of lithium as an equalizer on the alloy during the liquefaction of aluminum-lithium alloys;

Development of technology for reduction of gas and mirror inclusions in alloy using lithium-fluoride compound;

Development of a resource-saving technology that reduces the loss of lithium in the alloy during the liquefaction of aluminum-lithium alloys;

Development of a mathematical model of the relationship between the amount of lithium in aluminum-lithium alloys and the mechanical and casting properties;

The object of the research is aluminum alloys of the AK7 and D16 grades.

The subject of the study is the change in casting and mechanical properties depending on the amount of lithium in aluminum–lithium alloys, improving the structure of parts in which aluminum–lithium alloys are made, and reducing the content of gases and mirror alloys in the alloy structure, technology for producing casting products and changing the properties of fluidity.

Research methods. In the course of the study, methods of electronically automatic analysis of the structural and phase composition of aluminum-lithium alloys based on aluminum using an X-ray diffractometer, micro- and macrostructure of samples using optical microscopy and micrographic of sample porosity, as well as state standards for determining their physical, mechanical and operational properties were applied.

The scientific novelty of the research:

developed the new composition of the aluminum-lithium alloy based on the property of fluorine to release gases from the metal to the slag during the process of adding the lithium-fluoride compound to aluminum;

developed the technology of liquefaction of aluminum-lithium alloy in a gas furnace based on the graph of the dependence of the amount of lithium fluoride added to aluminum due to the reaction of lithium with oxygen;

developed the distribution of lithium in the alloy of the new brand of aluminum-lithium alloy based on the amount of fluorine in the alloy;

developed the technology of processing aluminum-lithium alloy in a liquid state based on the graph of the dependence of the amount of lithium burning due to the reaction of lithium with liquid aluminum on the mass of the compound of lithium with fluoride;

developed the technology that ensures the fluidity property of aluminum-lithium alloys based on the degree of dependence of the chemical compounds formed when the lithium-fluoride compound is added to the alloy;

Practical implications of the study:

based on a change in its composition based on the introduction of lithium fluoride into the composition of aluminum alloys of the AK7 and D16 grades, a new composition of aluminum-lithium alloy was obtained and introduced into production;

defects in the casting time of parts were obtained from the casting properties of the new aluminum-lithium alloy due to an increase in the flow properties;

based on increasing the hardness and durability of the properties of aluminum-lithium alloys, technology has been developed to increase the service life of parts.

Implementation of research results.

Based on the conducted research, the technology of liquefaction of aluminum-lithium alloy has been developed in order to increase the fluidity, hardness, and evenness of the poured parts:

A new composition of aluminum-lithium alloy was introduced in JSC "Agregat Plant" for the production of machine-building parts (JSC "Uzavtosanoat" dated February 1, 2022 No. 12/06-25-0147 – link to the number). As a result of the implementation, the service life of parts increased by 16-19%.

The technology of liquefaction of aluminum-lithium alloy in a gas furnace was introduced in JSC "Agregat Plant" (JSC "Uzavtosanoat" dated February 1, 2022, no. 12/06-25-0147 – link to the number). As a result of the introduction of lithium losses during the liquefaction, the period decreased by 25-27%.

The technology of processing aluminum-lithium alloy in a liquid state was introduced in JSC "Agregat Plant" (JSC "Uzavtosanoat" dated February 1, 2022 No. 12/06-25-0147 – link to the number). As a result of the introduction, the distribution of lithium in aluminum alloy according to one norm increased by 8-10%.

The structure and scope of the dissertation. The content of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a bibliography, and appendixes. 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. Sarvar T. Changes in its Wear Resistance When Alloying Aluminum Alloys with Lithium //Texas Journal of Engineering and Technology. – 2022. – Т. 12. – С. 32-36. (SJIF Impact Factor (2022): 5.577)
2. Sarvar T., Nodir T., Sharofuddin M. Changes in the Hardness of Aluminum Alloys in the Influence of Lithium //Eurasian Journal of Engineering and Technology. – 2022. – Т. 8. – С. 56-60. (Journal Impact Factor: 7.995)
3. Nodir, T., Sarvar, T., Kamaldjan, K., Shirinkhon, T., Shavkat, A., & Mukhammadali, A. (2022). The effect of lithium content on the mass of the part when alloyed with lithium aluminum. International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics, 11, 52-56. (Scopus indexed).
4. Turakhodjaev, N., Akramov, M., Turakhujaeva, S., Tursunbaev, S., Turakhujaeva, A., & Kamalov, J. (2021). Calculation of the heat exchange process for geometric parameters. International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics, (9), 90-95. (Scopus indexed).
5. Sarvar, T., Nodir, T., Shoxista, S., Ruslan, Z., & Sharofuddin, M. (2022). The effect of lithium fluoride compound on slag decomposition in the process of casting aluminum prepared details. Asian Journal Of Multidimensional Research, 11(7), 46-50. (SJIF 2022 = 8.179).
6. Turakhodjaev, N., Tashbulatov, S., Tursunbaev, S., & Kuchkorova, M. (2020). Analysis of technological solutions for reducing the copper concentration in slags from oxygen-flare smelting of copper sulfide concentrates. Journal of Critical Reviews, 7(5), 449-452. (Scopus indexed).
7. Nodir, T., Sherzod, T., Ruslan, Z., Sarvar, T., & Azamat, B. (2020). Studying the scientific and technological bases for the processing of dumping copper and aluminum slags. Journal of Critical Reviews, 7(11), 441-444. (Scopus indexed).
8. Sarvar T., Nodir T., Sharofuddin M. The Effect of Lithium On the Fluidity of Non-Ferrous Alloys //Innovative Technologica: Methodical Research Journal. – 2022. – Т. 3. – №. 09. – С. 134-139.(Impact Factor: 7.375SJIF: 5.532).
9. Турсунбаев Сарвар Анварович, Тураходжаев Нодир Джахонгирович, Саидходжаева Шохиста Нуритдиновна, Зокиров Руслан Самадович “Литий фтор бирикмасини АК7 маркали алюминийдан шлак ажралиб чиқишига боғлиқлиги” Машинасозлик илмий-техника журнали №2, 2022 йил, 124-130. (ОАК нинг 2021-йил 30-декабрдаги 310/10-сон қарори).
10. С.А. Турсунбаев, Н.Д. Тураходжаев, Ш.Ў. Худойкулов, Р.С. Зокиров, Ш.Н. Турахужаева Алюминий қотишмасини литий фтор бирикмаси билан легирланганда унинг суюқоқувчанлик хоссасига таъсири, Композицион материаллар илмий-техникавий ва амалий журнали №3, 2022 йил, 72-74. (05.00.00. №13).

11. Turaxodjaev N.D.,Tursunbaev S.A., Turonov M.Z.,Kuchkorova M.X. Application Of Aluminum-Lithium Alloys In Industry, Композицион материаллар илмий-техникавий ва амалий журнали №3, 2021 йил, 157-160. (05.00.00. №13).

II – бўлим (II – часть; II – part)

12. Tursunbaev, S., Turakhodjaev, N., Turakhujaeva, S., Ozodova, S., Hudoykulov, S., & Turakhujaeva, A. (2022, August). Reduction of gas porosity when alloying A000 grade aluminum with lithium fluoride. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1076, No. 1, p. 012076). IOP Publishing.

13. Nodir, T., Sarvar, T., Andrey, J., & Yahyojon, M. (2021, September). Mathematical Model for Calculating Heat Exchange. In International Conference on Reliable Systems Engineering (pp. 243-249). Springer, Cham.

14. С.А.Турсунбаев, Н.Д.Тураходжаев, Ш.Ў.Худайкулов, Ш.Ў.Мардоноқулов Аллюминий литий қотишмаларда литийнинг ейилишбардошлиликка таъсири // “Замонавий машинасозликда инновацион технологияларни қўллашнинг илмий асослари: тажриба ва истиқболлар” мавзусида Халқаро миқёсдаги илмий – амалий конференция 23-24 сентябрь, 2022, Наманган

15. Turakhodjaev Nodir,Tursunbaev Sarvar, Murodqosimov Ravshanbek, Adxamov Xusniddin // The effect of lithium fluoride on the structure of aluminum alloy International scientific and scientific-technical conference on “Resource and energy-saving innovative technologies in the field of foundry” march 23-24, 2022, Tashkent

16. Tursunbaev Sarvar Slag release during alloying of aluminum with lithium in a closed environment // International scientific and scientific-technical conference on “Resource and energy-saving innovative technologies in the field of foundry” march 23-24, 2022, Tashkent

17. Tursunbaev Sarvar The change in the mass of the part during the alloying of aluminum alloy with lithium // International scientific and scientific-technical conference on “Resource and energy-saving innovative technologies in the field of foundry” march 23-24, 2022, Tashkent

18. Turakhodjaev Nodir,Tursunbaev Sarvar Features of alloys in the aluminum lithium system, // "Science, education and in mechanical engineering production integration: trends, problems and solutions" Republican scientific and scientific-technical conference, may 19, 2022, Tashkent

19. Н.Д.Тураходжаев С.А.Турсунбаев Литий фторид бирикмасини аллюминий қотишмасидаги газ ғовақларга таъсири // Замонавий тадқиқотлар, инновациялар, техника ва технологияларнинг долзарб муаммолари ва ривозланиш тенденциялари мавзусидаги республика миқёсдаги илмий-техник анжуман 9-10 апрел, 2022, Жиззах

Диссертация автореферати Тошкент давлат техника университети нашриёт
бшлимида тахрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги
матнларини мослиги текширилди.

Босишга рухсат этилди: 20.01.2023 йил. Бичими 60x84¹/₁₆.
«Times New Roman» гарнитураси. Рақамли босма усулида
босилди. Шартли босма табағи: 3. Адади 60. Буюртма № 58.
Баҳоси келишув асосида

«Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти»
босмахонасида чоп этилди. Тошкент, Шохжаҳон кўчаси, 5-уй