

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

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

БЕГАТОВ ЖАХОНГИР МУХАММАДЖОНОВИЧ

**ЛЕГИРЛАНГАН АСБОБСОЗЛИК ПЎЛАТЛАРИНИ ПАСТ
ТЕМПЕРАТУРАДА НИТРОЦЕМЕНТАЦИЯЛАШНИНГ
КОМБИНАЦИЯЛАШГАН ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**05.02.01. - Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик.
Металларга термик ва босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва
ноёб металлар металлургияси (Қуймачилик ва металларга ишлов
бериш йўналиши)**

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

Тошкент 2020

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

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

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

Бегатов Жахонгир Мухаммаджонович

Легируланган асбобсозлик паст температурада нитроцементациялашнинг
комбинациялашган технологиясини ишлаб чиқиш 3

Бегатов Жахонгир Мухаммаджонович

Разработка комбинированной технологии низкотемпературной
нитроцементации легированных инструментальных сталей 22

Begatov Jakhongir Mukhammadzhonovich

Development of the combined technology of low-temperature nitro cement
centration of alloyed instrumental steels..... 40

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works 44

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

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

БЕГАТОВ ЖАХОНГИР МУХАММАДЖОНОВИЧ

**ЛЕГИРЛАНГАН АСБОБСОЗЛИК ПЎЛАТЛАРИНИ ПАСТ
ТЕМПЕРАТУРАДА НИТРОЦЕМЕНТАЦИЯЛАШНИНГ
КОМБИНАЦИЯЛАШГАН ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**05.02.01. - Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик.
Металларга термик ва босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб
металлар металлургияси (Қуймачилик ва металларга ишлов бериш
йўналиши)**

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

Тошкент 2020

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В.2019.1.PhD/Т1003 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

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

Илмий раҳбар: **Норхужаев Файзулла Рамазонович**
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар: **Абдуллаев Фатхулла Сагдуллаевич**
техника фанлари доктори, профессор

Бекмурзаев Нурхон Хайитович
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот: **Андижон машинасозлик институти**

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.03/30.12.2019.Т.03.04. рақамли илмий кенгашнинг “_” 2020 йил соат_____даги Илмий кенгаш мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2. Тел. / факс: (99871) 227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz)

Диссертация билан Тошкент давлат техника университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (-рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2. Тел. / факс): (99871) 227-10-32)

Диссертация автореферати 2020 йил «___»_____да тарқатилди.
(2020 йил «_____»_____даги рақамли реестер баённомаси).

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

Н.Д.Тураходжаев
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д, профессор

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда машинасозлик саноати маҳсулоти сифатини яхшилаш ва меҳнат унумдорлигини ошириш ҳисобига ишлаб чиқаришни интенсифлаштириш жараёнининг юз бериши алоҳида аҳамият касб этмоқда. Шу билан бирга асбобларни ишлаб чиқаришда металл сиртки қатламининг ейилишга бардошлилигини ошириш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Бу борада дунёнинг қатор мамлакатларида, жумладан саноати ривожланган Буюк Британия, Япония, Германия, Россия каби давлатларда машина деталлари ва асбобларини ишлаб чиқариш бўйича янги технологиялар ҳамда ресурс тежайдиган усулларини яратиш ва татбиқ этиш ишлари юқори суратларда амалга оширилмоқда ва буларга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда турли мақсадлар учун мўлжалланган асбоблар ишлаб чиқаришда кимёвий-термик ишлов бериш жараёнлари ёрдамида сиртки қатламни пухталаш усуллари бўйича кенг кўламда илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан машинасозликда кимёвий-термик ишлов бериш жараёнларининг кенг қўллаш, машина деталлари ва асбобларнинг сиртки қатламини пухталашга қараганда энергия ҳажми кичик бўлган ресурс тежайдиган технологияларни қўллаш муҳим аҳамият касб этмоқда. Шу билан бирга, асбобсозлик материалларини пухталашда кимёвий-термик ишлов беришнинг универсал усулини ишлаб чиқиш зарур ҳисобланади.

Республикамизда металлургия маҳсулотлари ишлаб чиқариш, жумладан, саноат ва хўжалик қурилишида ишлатиладиган пўлат ва алюминийдан тайёрланган профиль ва лист прокатлаш ишлаб чиқаришнинг жадал суръатлар билан ривожланиши йўлга қўйилган бўлиб, асбобсозлик пўлатларидан прокатлаш стани валлари, турли хил пресс – қолиплар ва штамплар, шунингдек кенг номенклатурали кесувчи асбоблар ишлаб чиқариш асосида ресурс ва энергия тежамкорлигини таъминлаш чоратадбирлари амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириши бўйича Ҳаракатлар стратегиясида жумладан «... макроиқтисодий барқарорликни мустаҳкамлаш ва юқори иқтисодий ўсиш суръатларини сақлаб қолиш, миллий иқтисодиётнинг рақобатбардошлигини ошириш, ... иқтисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш»¹ вазифаси белгилаб берилган.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони, 2016 йил 26 декабрдаги ПҚ-2698-сон “2017-2019 йилларда тайёр маҳсулот турлар, бутловчи буюмлар ва материаллар ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштириш

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

истикболли лойиҳаларини амалга оширишни давом эттириш чора–тадбирлари тўғрисида”ги Қарори, 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 мослиги. Мазкур тадқиқот Республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. «Энергетика, энергия ва ресурстежамкорлик» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дунё тажрибасида асбобсозлик пўлатлари учун кимёвий-термик ишлов бериш технологияларини ишлаб чиқиш ва бу технологияларни амалга ошириш учун пухталашнинг қатор усуллари яратилган, жумладан асбобсозлик пўлатларини пухталашнинг энергия сарфини камайтирадиган турли усуллари такомиллаштирилган. Дунёнинг етакчи олимлари, жумладан К. Джек, И. Ивенсон (Англия), Р. Гофман (Германия)лар сиртқи қатлам таркиби карбонитрит фазаларининг сиртидаги микроқаттиқликка таъсири қонуниятини яратганлар. Япония олимлари С.Такахашини ва Х.Муранакалар томонидан двигатель деталлари ва узатмалар кутилларини пухталаш учун 570 °С ҳароратда 50% аммиак ва 50% эндогаз таркибли аралашма ёрдамида нитроцементациялаш усули ишлаб чиқилган. “Дегусса” (ФРГ) фирмаси тадқиқотчиси Отто Либкнехтом томонидан эндогаз ва табиий газ аралашмасида нитроцементациялаш технологияси ишлаб чиқилган.

МДХнинг етакчи олимлари, жумладан Россия олимлари Ю. М. Лахтин ва Я.Д. Коган турли муҳитларда пўлатни азотлаш технологик режимларини ишлаб чиқишган. Д.А. Прокошкин томонидан тезкесар пўлатдан тайёрланган асбоблар учун карбонитрация жараёни ишлаб чиқилган. Россия олимлари Е.А. Гюлиханданов, В. Н.Гадилов ва бошқалар томонидан машина деталларини цианлашдан кейин конструкцион пўлатлар структурасини пухталаш ва уларни юқори ҳароратда нитроцементациялаш технологиясини ишлаб чиқиш асосида нитроцементациялаш режимларини ишлаб чиқишган. А.М. Гурьев раҳбарлигидаги гуруҳ кимёвий-термик ишлов бериш ёрдамида қишлоқ хўжалиги техникаси деталларини пухталаш ва иссиқ ҳолда ишлайдиган штамплаш асбобларини нитроцементациялаш усулида эритиб қоплаш технологиялари ишлаб чиқилган. Ўзбекистон олимлари М.Т.Михайлов, А.А.Мухамедов ва В.В. Чекуров томонидан ўзаро контактдаги юзаларда ишқаланиш коэффициентини камайтириш мақсадида қаттиқ муҳитлар, конструкцион пўлатларда ишқаланиш юзалари учун сульфидлаш технологияси ишлаб чиқилган. Б. Қ. Тилабов, Д. М. Бердиев ва бошқалар экстремал ҳароратда тоблаш ҳамда икки марта фазали қайта кристалланиш усули билан ейилишга бардошлиликни таъминлайдиган ноанъанавий термик ишлов бериш усулини ишлаб чиқишган.

Кимёвий-термик ишлов бериш усуллари кўллаш бўйича кўплаб изланишлар олиб борилишига қарамай, қатор ҳал қилинмаган технологик муаммолар мавжуд. Жумладан, металларнинг юза қатламини пухталаш жараёнларининг технологик цикллари камайтириш имконини берадиган

комбинациялашган кимёвий-термик ишлов бериш усуллари яратишда ейилишга чидамли структураларнинг шаклланиши масалалари етарли даражада ўрганилмаган; бўшатишнинг технологик жараёнлари пўлатни азот ва углерод атомлари билан юзасини тўйинтириш жараёнлари орқали ўзаро биргаликда амалга оширилиши натижасида ейилишга чидамли структураларни шакллантириш масалалари ишлаб чиқилмаган; кимёвий-термик ишлов бериш усуллари ёрдамида пухталашнинг технологик циклини камайтирадиган, стандарт жиҳозлардан фойдаланиш, маҳаллий хом ашёлар асосидаги тўйинтириш муҳитини тайёрлаш масалалари етарлича ўрганилмаган. Юқорида келтирилган муаммолар ечимини топиш учун комбинациялашган кимёвий-термик ишлов бериш усуллари режимларининг асбобсозлик пўлатларининг структура ҳосил бўлиш жараёнларига таъсири бўйича тадқиқотлар ўтказиш зарур.

Тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан ўзаро боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университетида илмий-тадқиқот ишлари режаларига биноан ОТ-А3-30-сонли «Асбобсозлик соҳаси учун металл қатламли композицияларни олиш технологик жараёнини ишлаб чиқиш» мавзусидаги лойиҳа доирасида бажарилди (2017-2018 йй).

Тадқиқотнинг мақсади асбобсозлик пўлатларини юқори даражада ейилишга бардошлилигини таъминлайдиган бўшатиш ва юза қатламини азот ва углерод атомлари билан тўйинтириш жараёнларини ўзаро биргаликда ўтказиш имконини берадиган паст ҳароратли нитроцементациялашнинг комбинациялашган технологик жараёнини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқот вазифалари. Кристалл тузилишидаги нуқсонларнинг максимал даражасига эришиш мақсадида асбобсозлик пўлатларининг аниқ маркалари учун тобланишнинг ҳарорат режимларини ишлаб чиқиш;

паст ҳароратли нитроцементациялаш учун маҳаллий хом ашё асосида арзон ва юқори фаол карбюраторни аниқлаш ва оптимал таркибини ишлаб чиқиш;

бўшатиш ва паст ҳароратли нитроцементациялаш жараёнларининг биргаликдаги таъсирини фаза таркиби, структура ва диффузия қатламининг чуқурлигига таъсирини ўрганиш асосида иссиқлик режимини ишлаб чиқиш;

кимёвий-термик ишлов беришнинг пухталаш технологиясини ишлаб чиқиш;

легиранган 4ХМФС,4Х5МФ1С,Х12Ф1,Р6М5 маркали пўлатлар учун паст ҳароратли нитроцементациялашнинг технологик режимларини ишлаб чиқиш;

ишлаб чиқилган паст ҳароратли нитроцементациялаш режимларини тадқиқ қилинаётган пўлат маркаларининг иссиққа бардошлилиги ва зарбий қовушқоқлигига таъсирини аниқлаш;

Тадқиқотнинг объекти сифатида 4ХМФС, 4Х5МФ1С, Х12Ф1, Р6М5 маркали асбобсозлик пўлатлари олинган.

Тадқиқотнинг предмети сифатида паст ҳароратли нитроцементациялаш технологик жараёни, юқори даражадаги кристалл тузилиш нуқсонига эга бўлган ейилишга бардошли структураларни олиш, бўшатиш жараёнини паст

ҳароратли нитроцементациялаш жараёни билан биргаликдаги ҳолатидаги карбонитрид фазаларни олиш технологиялари олинган.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертацияда комбинациялашган кимёвий-термик ишлов беришда структура ва фаза ўзгаришларини ўрганишда 100 дан 800 мартагача катталаштирадиган «МИМ-8М» ва «Неофот-21» русумли металлографик микроскоплар, рентгеноструктура таҳлилини амалга ошириш учун Дрон-3.0 ва Дрон-3М қурилмалар, намуналар ва асбобнинг қаттиқлиги ва микроқаттиқлигини аниқлашда ТК-2 ва ПМТ-3 ускуналари ва уларни қўллаш усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

кимёвий-термик ишлов беришнинг комбинациялашган усулида прокатлаш станлари тортишиш барабанларининг бандажлари ва иссиқ ҳолда пресшлашда қўлланиладиган матрица учун пухталаш технологиялари ишлаб чиқилган;

легирилган асбобсозлик пўлатлари учун бўшатиш ва 600-620⁰С ҳароратлар оралиғидаги паст ҳароратли нитроцементациялаш жараёни билан биргаликда иссиқлик режимлари ишлаб чиқилган;

60 % газ қуруми ва 40 % карбамид асосидаги маҳаллий хом ашё асосидаги карбюратор таркиби ишлаб чиқилган;

легирилган асбобсозлик пўлатлари учун паст ҳароратли нитроцементациялашнинг комбинациялашган технологияси ишлаб чиқилган;

юқори ҳароратли тобланишнинг легирилган асбобсозлик пўлатлари кристалл тузилиши нуқсонларининг шаклланиш жараёнига таъсирининг схемаси ишлаб чиқилган;

4ХМФС ва 4Х5МФ1С маркали пўлатлардан тайёрланган иссиқ ҳолда преслаш учун қўлланиладиган матрица учун паст ҳароратли нитроцементациялашнинг комбинациялашган технологик жараёни ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

Алюминий профилларини иссиқ ҳолда преслаш матрицалари ва прокатлаш станлари тортишиш барабанлари бандажининг ейилишга бардошлилигини 1,5-2 мартагача ошириш технологияси ишлаб чиқилган ва асосланган;

Паст ҳароратли нитроцементациялашнинг комбинациялашган усули ёрдамида пухталанишнинг технологик циклини 1,5-2 соатга қисқартириш технологияси ишлаб чиқилган ва асосланган;

Паст ҳароратли нитроцементациялашнинг комбинациялашган усули ёрдамида пухталаш натижасида юзадаги қаттиқликни 60 HRC дан 72 HRC гача ошириш технологияси ишлаб чиқилган ва асосланган.

Маҳаллий хом ашё асосида паст ҳароратли нитроцементациялаш жараёни учун қаттиқ карбюраторни қўллаш усули ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги аниқ қўйилган вазифа асосида олинган, асбобсозлик пўлатларини юқори даражадаги ейилишга бардошлилигини таъминлайдиган паст ҳароратли нитроцементациялашнинг комбинациялашган технологик

жараёнини ишлаб чиқишда экспериментал тадқиқотларнинг кўплиги ва экспериментларни математик режалаштириш усулини кўллаб, экспериментлар натижаларининг математик асосида қайта ишлов берилиши замонавий техника ва технологиялардан фойдаланиш асосида аниқланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти комбинациялашган кимёвий-термик ишлов бериш режимларининг фазалар структураси ва асбобсозлик пўлатларининг диффузион чуқурлигига таъсирининг аниқланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти паст ҳароратли нитроцементациялаш ва асбобсозлик пўлатини кимёвий-термик ишлов беришнинг технологик режимлари учун маҳаллий хом ашё асосида карбюризатор таркибий қисмининг ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Легирланган асбобсозлик пўлатларини паст ҳароратда нитроцементациялашнинг комбинациялашган технологиясини ишлаб чиқиш учун олиб борилган тадқиқотлар бўйича олинган илмий натижалар асосида:

кимёвий-термик ишлов беришнинг комбинациялашган усулида қопланган прокатлаш станлари бандажлари ва қирялаш машиналарининг тортишиш барабанлари учун ишлаб чиқилган пухталаш технологияси “Олмалиқ ТМК” АЖ қошидаги “Ноёб металллар ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқариш ИИБ”га жорий қилинган (“Олмалиқ ТМК” АЖнинг 2020 йил 02 июлдаги АА005124 - сон маълумотномаси). Натижада қопланган прокатлаш станлари бандажлари ва қирялаш машиналарининг тортишиш барабанларининг узоққа чидамлилигини 1,5-2 бараварга оширишга эришилган.

Бўшатиш ва 600-610⁰С тўйинтириш ҳароратида паст ҳароратли нитроцементациялаш билан биргаликда ишлаб чиқилган иссиқлик режимлари “Олмалиқ ТМК” АЖ қошидаги “Ноёб металллар ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқариш ИИБ”га жорий қилинган (“Олмалиқ ТМК” АЖнинг 2020 йил йил 02 июлдаги АА005124 - сон маълумотномаси). Натижада ишлаб чиқилган режим ёрдамида технологик циклни 1,5-2 соатга қисқартиришга эришилган.

60 % газ қуруми ва 40 % карбамид асосидаги маҳаллий хом ашё асосидаги карбюризатор “Олмалиқ ТМК” АЖ қошидаги “Ноёб металллар ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқариш ИИБ”га жорий қилинган (“Олмалиқ ТМК” АЖнинг 2020 йил йил 02 июлдаги АА005124 - сон маълумотномаси). Натижада пухталаш технологиясининг кўлланилиши оқибатида сирт қаттиқлигининг 60 НРС дан 72 НРС га ортишига эришилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертациянинг тадқиқот натижалари 11 та, шу жумладан 2 та халқаро ва 9 та республика конференциялари ва симпозиумларида муҳокамадан ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича 11 та илмий иш чоп этилган. Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий ишларида 7та мақола, жумладан 5 таси Республика ва 2 таси Хорижий журналларда нашр

этилган.

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

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқот мақсади ва вазифалари, объекти ва предметлари таснифланган, тадқиқотнинг Республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва асосий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончилиги асосланган, илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Асбобсозлик пўлатларига қўйилган талаблар, термик ишлов бериш ва паст ҳароратли нитроцементациялаш”** деб номланган биринчи бобида асбобсозлик пўлатларига бўлган талабларнинг таҳлили ўтказилган. Кесиш ва штамплаш асбоблари ишлаш жараёнида юқори контактли ва иссиқ ҳолда юкланишларга учраши келтирилган, шунинг учун улардан юқори қаттиқлик, мустаҳкамлик, ейилишгабардошлик ва иссиққабардошлилик талаб қилинади. Пўлатнинг барча бу хоссалари термик ва кимёвий-термик ишлов бериш жараёнларида олинади. Пўлатларни турли хил режимларда термик ишлов бериш жараёнида мартенсит структура, легирланган пўлатлар ишлатилганда эса қаттиқлик ва иссиққабардошлиликни таъминлаб берадиган майда дисперсли карбидлар олинади. Пўлат донасининг ўлчами ва майин структуранинг шаклланишига бевосита пўлатни тоблашнинг ҳарорат режимлари таъсир қилади. Асбобсозлик пўлатларини тоблаш учун юқори ҳароратли қиздиришни қўллаш мақсадга мувофиқлиги исботланган, унинг қўлланилиши кимёвий микро бир хилликка эга бўлган “зонали” структуранинг ҳосил бўлиши ва бир вақтнинг ўзида дислокация зичлигини оширадиган мозаика блокларининг майдаланишига олиб келади. Бундан ташқари, биринчи бобда пўлатни бир вақтнинг ўзида азот ва углерод билан тўйинтиришнинг технологик жараёни, яъни нитроцементациялаш жараёни бўйича тадқиқот ишлари ўрганилган ва таҳлил қилинган. Асбобсозлик пўлатлари юзасини пухталаш учун паст ҳароратли нитроцементациялаш усули энг кўп қўлланиладиган усуллардан бири ҳисобланиб, бу усул пўлат сиртини азот ва углерод атомлари билан бир вақтнинг ўзида 500-550°C ҳароратда тўйинтириш имконини беради. Бунда кўриб чиқилган пухталаш усулларида нисбатан технологиклиги нитроцементациялаш усули ҳисобланиб, унда деталь ва асбобларнинг юзасига қопланадиган тўйинтирувчи қатлам махсус қоплама ёрдамида олинади.

Диссертациянинг **“Материаллар ва тадқиқ қилиш методикаси”** деб номланган иккинчи бобида тадқиқот объектлари танлаб олинган бўлиб, улар

учун 4ХМФС, 4Х5МФ1С, Х12Ф1 маркали штамплаш пўлатлари ва Р6М5 маркали тезкесар пўлати танланган. Қиздиришнинг турли ҳароратларида ўтказиладиган тоблаш ва кейинги бўшатиш ҳамда нитроцементациялаш жараёни билан биргаликда ўтказиладиган комбинациялашган кимёвий-термик ишлов бериш режимлари келтирилган.

Штамплаш пўлатлари учун тоблаш турли қиздириш ҳароратларида, яъни стандарт ҳароратдан то 1200 ° С гача бўлган ҳароратда ўтказилган. Р6М5 пўлати учун қиздириш стандарт ҳароратда 1200-1230 ° С да амалга оширилган. Қиздириш тузли электродли ванналарда бажарилган. Қиздирилган намуналар мойда тобланиб, бўшатишдан сўнг паст ҳароратли нитроцементациялаш жараёни билан биргаликда ўтказилган. 4ХМФС, 4Х5МФ1С ва Х12Ф1 маркали пўлатлар учун бўшатиш 500,550 ва 600°С ҳароратларда, Р6М5 маркали пўлат учун эса 560,620, 700 ва 730°С ҳароратларда ўтказилган. Паст ҳароратли нитроцементациялаш жараёни учун 60-80% газ қурумидан иборат қаттиқ карбюратор ва 30-40% СО (NH₂)₂ - карбамиддан ташкил топган қаттиқ муҳит ишлатилган. Намуналар жойлаштирилган контейнер ва тўйинтирувчи муҳит турли ҳароратгача (550-600°С) қиздирилган печга жойлаштирилган ва тўйинтириш вақти сифатида контейнерни печга юклашдан кейин зарур ҳароратни ўрнатишгача бўлган вақт олинади. Умумий тўйинтириш вақти 1,3,6 соатларни ташкил этди. Майин структуранинг ҳолати рентгенеграфика ёрдамида аниқланди. Рентгенеграммалар Дрон 3.0-Дрон-3М маркали рентген дифрактометрларда худди ўша пўлатларнинг эталонларини қўллаган ҳолда авто ёзув режимида олинди. Темир анодининг нурланишидан фойдаланилди. Рентген чизиқларининг физик кенглиги аппроксимация усулида тўғирланадиган графиклар ёрдамида аниқланди.

Дислокация зичлиги қуйидаги формула бўйича ҳисобланган:

$$\rho = \frac{\beta^2}{2b^2} \cdot \text{ctg}^2 \theta \quad (1)$$

бу ерда

θ – қайтиш бурчаги;

β - рентген чизиғининг физик кенглиги;

b - Бургер вектори.

Кристалл панжаранинг даври интерференция чизиғининг тақсимланишини оғирлик маркази жойлашишига қараб аниқладик:

$$\alpha = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \quad (2)$$

бу ерда

λ - рентген нурланишининг тўлқин узунлиги

θ – қайтиш бурчаги;

h, k, l - кристаллографик индекслар.

Термик ишлов беришдан кейин қолдиқ аустенит миқдорини аниқлаш учун рентген чизиқлари (211) α - фаза (200) γ – фазаларда олинди. Ҳисоблаш ушбу чизиқларнинг интенсивлик нисбатларини аниқлаш орқали амалга оширилди.

Термик ишлов берилган намуналарнинг қаттиқлиги ТК-2 қаттиқлик ўлчайдиган приборда аниқланди. Намуналар сирт қатламининг микроқаттиқлиги ПМТ-3 маркали приборда аниқланди. Намуналарнинг зарбий қовушқоқлиги ГОСТ 9454-78 га биноан ва тавсияларга мувофиқ 10x10x55 ўлчамдаги стандарт намуналарда МК-30 маятникли копёр ёрдамида аниқланди.

Иссиқбардошлиликка синашлар турли хил термик ишлов бериш режимларидан ўтган махсус тайёрланган намуналарда совуқ ҳолда қаттиқлигини ўлчаш орқали ўтказилди. Тайёрланган намуналар берилган ҳароратларда камерали печда икки соат давомида бўшатилади. Намуналар совутилгандан сўнг, уларнинг қаттиқлиги ўлчанди.

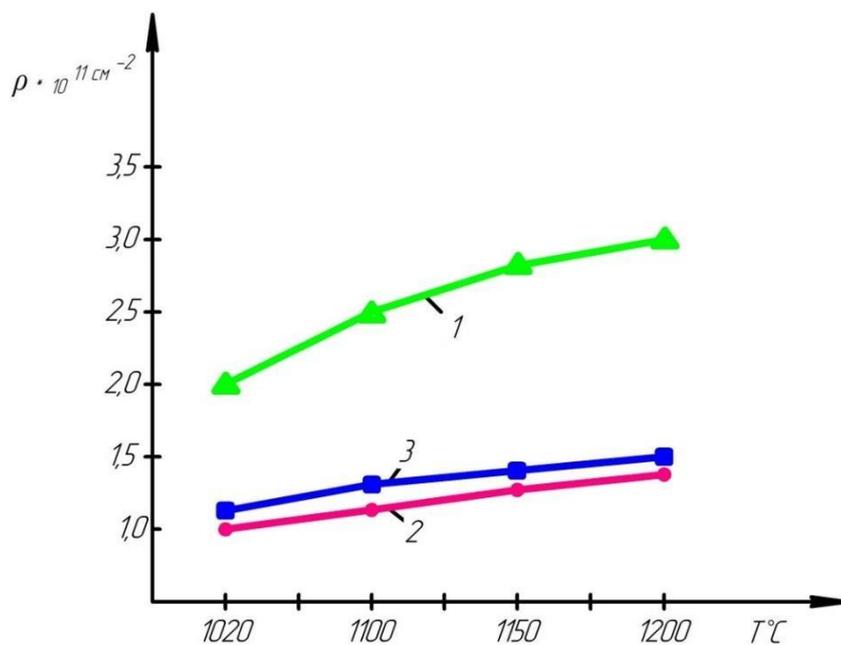
Р6М5 маркали тезкесар пўлатдан тайёрланган намуналарни чидамлиликлка синаш 1К62 модели токарли-винтқирқар станогини ёрдамида бажарилди. Синаш учун стандарт ва комбинациялашган кимёвий-термик ишлов беришдан ўтган ўтиш кескичлари тайёрланди. Эксперимент маълумотларини қайта ишлаш натижаларига статик ишлов бериш усулига мувофиқ амалга оширилди.

Диссертациянинг «**4ХМФС, 4Х5МФ1С ва Х12Ф1 маркали штампланган пўлатларининг комбинациялашган кимёвий-термик ишлов бериш режимларига боғлиқ ҳолдаги структураси ва хоссаси**» деб номланган учинчи боби юқори ҳароратли тоблаш ва бўшатиш жараёнларининг тадқиқ қилинаётган пўлатларда структура ҳосил бўлиши, аустенит доналарининг катталиги, қолдиқ аустенит таркиби, дислокация зичлиги ҳамда пўлат юзаларини азот ва углерод билан тўйинтириш рўй берадиган жараёнлари (паст ҳароратли нитроцементациялаш) га таъсирларини ўрганишга бағишланган.

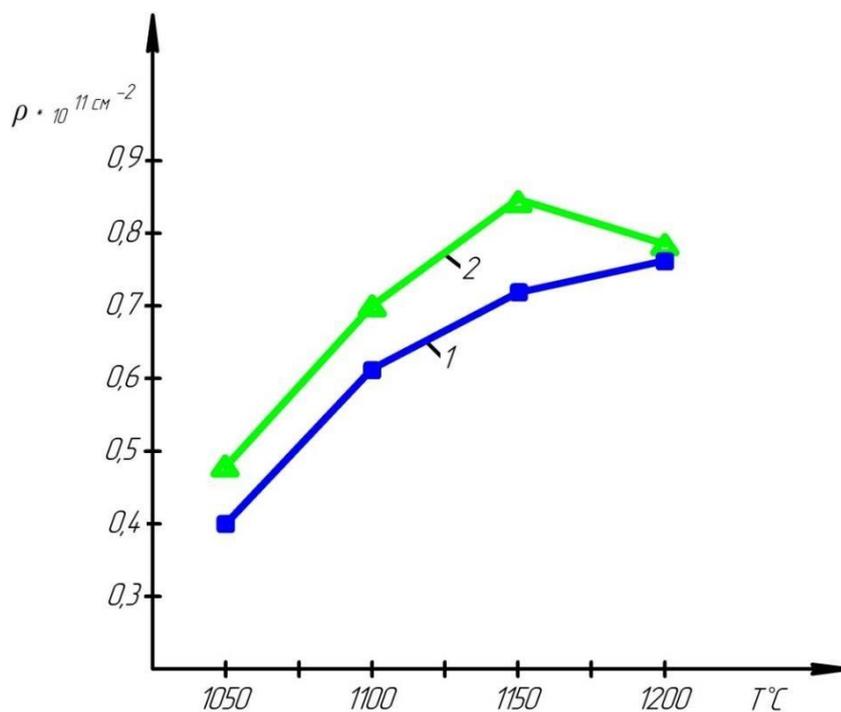
Ўтказилган тадқиқотлар кўриб чиқиляётган барча пўлат маркалари учун юқори ҳароратли тоблаш натижасида кристалл тузилиш нуқсонининг ошиши ва бу эса дислокация зичлиги таъсири орқали ўз тасдиғини топганлигини кўрсатди (1,2-расмлар).

Пўлатлардаги майин структуралар ҳолатини тадқиқ қилиш тадқиқ қилинаётган пўлатларнинг кристалл тузилишининг максимал нуқсонлиликл даражаси 1150-1200⁰С ҳароратда ўтказилган тоблаш натижасида шаклланишини кўрсатди. Бунда кристалл панжаранинг параметри камаяди (3,4-расмлар).

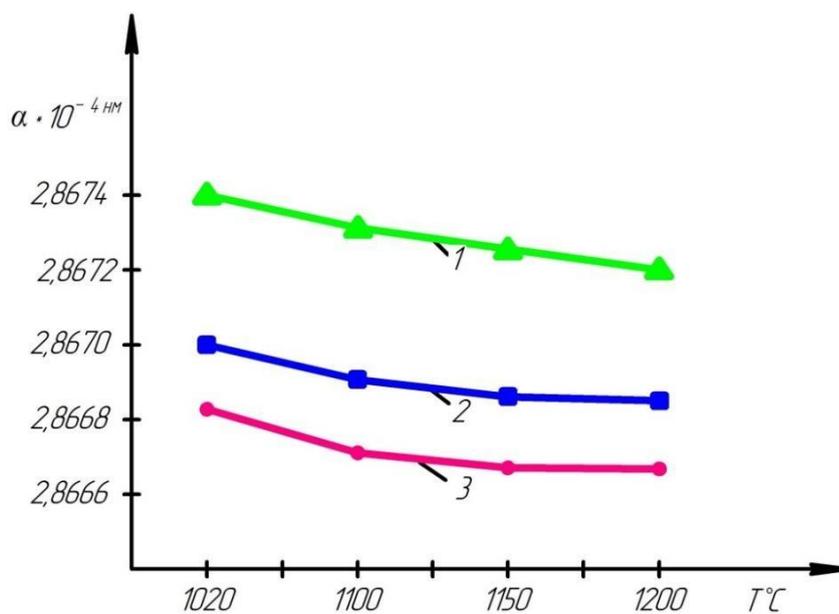
Кристалл панжарадаги нуқсонлар зичлигининг ошиши мартенситнинг тетрагонал панжарасида углерод миқдорининг сезиларли даражада камайишига олиб келади, яъни углерод атомларининг бир қисми панжара нуқсонларига ўтади.



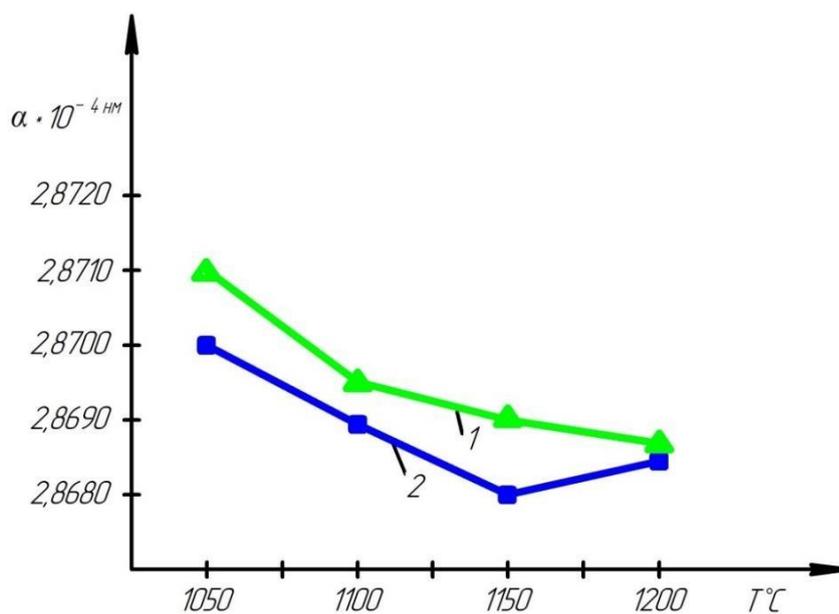
1-расм. Тоблаш ва бўшатиш ҳароратларининг 4X5MФ1С маркали пўлатнинг дислокация зичлигига таъсири
 1-бўшатиш ўтказилмаган ҳолатда, 2 – 550 °C ҳароратда бўшатиш,
 3 – 600 °C ҳароратда бўшатиш



2-расм. Тоблаш ва бўшатиш ҳароратларининг X12Ф1 маркали пўлатнинг дислокация зичлигига таъсири
 1 – 550 °C ҳароратда бўшатиш, 2 – 600 °C ҳароратда бўшатиш



3-расм. Тоблаш ва бўшатиш ҳароратларининг 4X5MФ1С маркали пўлатнинг кристалл панжарасининг параметрига таъсири
 1-бўшатиш ўтказилмаган ҳолатда, 2 – 550 °C ҳароратда бўшатиш, 3 – 600 °C ҳароратда бўшатиш

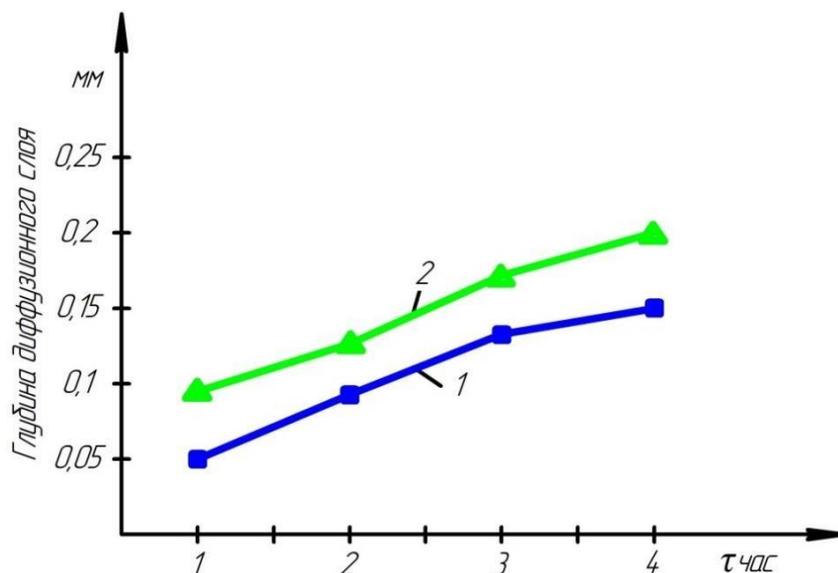


4-расм. Тоблаш ва бўшатиш ҳароратларининг X12Ф1 маркали пўлатнинг кристалл панжарасининг параметрига таъсири
 1 – 550 °C ҳароратда бўшатиш, 2 – 600 °C ҳароратда бўшатиш

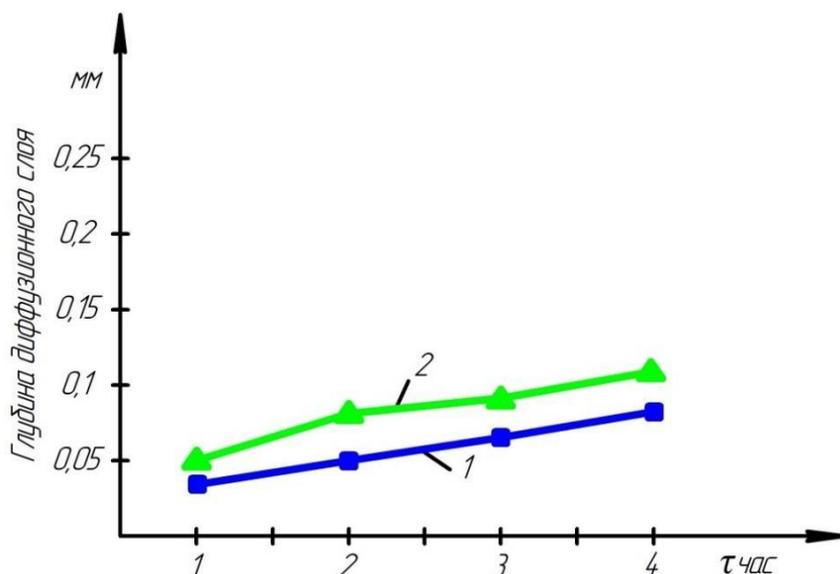
Бизнинг ҳолатда комбинациялашган кимёвий-термик ишлов беришнинг моҳияти пўлат юзасини углерод ва азот атомлари билан тўйинтириш жараёни ва бўшатишни ягона технологик циклга бирлаштириш имкониятини ташкил этади. Маълумки, паст ҳароратли цианлаш жараёнида пўлат юзасини углерод ва азот атомлари билан тўйинтириш жараёни 560°C ҳароратда бошланади, қисқа вақт ичида пўлатни углерод билан интенсив тўйинтириш учун ҳарорат иложи борича юқори бўлиши керак. Лекин ҳароратнинг 650°C ошиши билан пўлат структурасида парчаланиши жараёнлари бошланади, бу эса пўлат пухталанишининг йўқолишига ва қаттиқлигининг камайишига олиб келади. Шунинг учун бизнинг ҳолатимизда бўшатиш ва цианлаш жараёнларини бирлаштириш учун $550\text{-}620^{\circ}\text{C}$ гача бўлган ҳароратлар оралиғи танланган. Қаттиқ цианлашнинг технологик жараёни учун 60% углерод ва 40% карбамиддан ташкил топган маҳаллий хом ашёлардан тайёрланган карбюратор нисбатан технологиклиги юқори эканлиги аниқланди.

Бундай қаттиқ карбюраторда турли ҳароратлар режимларида цианлаш жараёнини ўрганиш диффузион қатлам қалинлиги энг катта бўлган қийматга 600°C ҳароратда ва 3-4 соат ушлаб туриш вақтида эришиш мумкинлигини кўрсатди (5.6-расмлар).

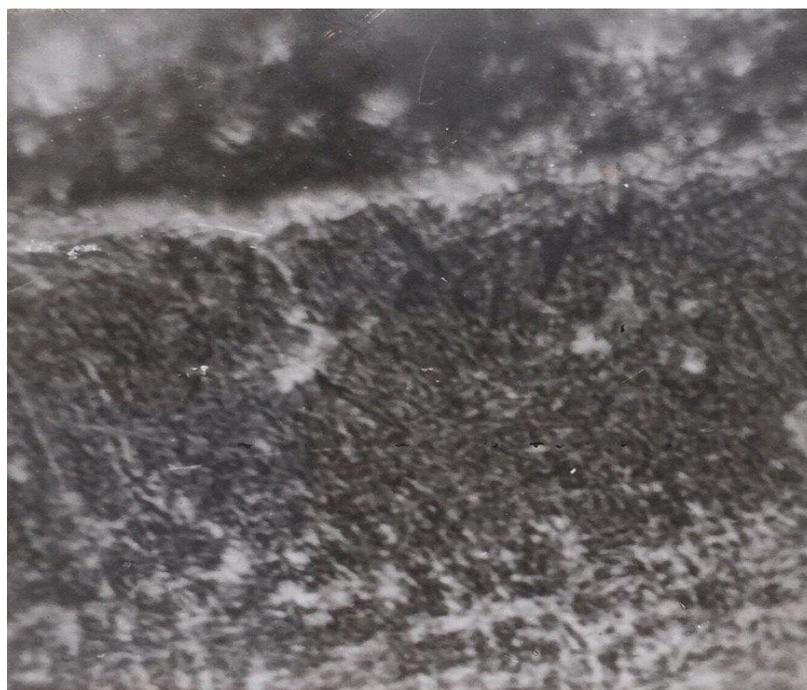
Пўлатларни тоблаш ва паст ҳароратли нитроцементациялаш жараёнини бирлаштириш натижасида тўйинтирилган қатлам мартенситнинг майин қоришмаси ва ҳосил бўлган карбонитрит фазаларининг аралашмасидан ташкил топади. (7-расм).



5-расм. 550°C (1-эгри чизик) ва 600°C (2-эгри чизик) ҳароратларда ушлаб туриш вақтининг 4X5MФ1С маркали пўлатнинг диффузион қатлам қалинлигига таъсири



6-расм. 550°C (1-эгри чизик) ва 600°C (2-эгри чизик) ҳароратларда ушлаб туриш вақтининг Х12Ф1 маркали пўлатнинг диффузион қатлам қалинлигига таъсири

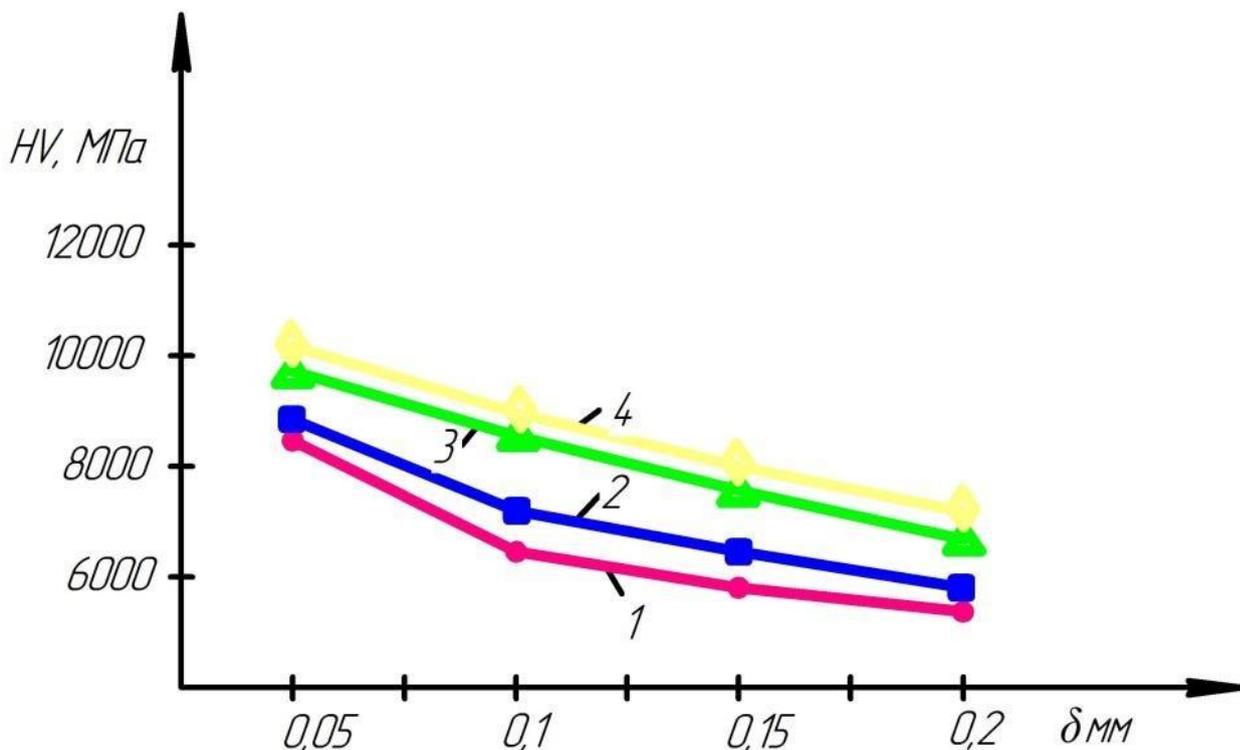


X500

7-расм. 4 соат давомида тўйинтирилгандан кейинги қатлам

Цианланган қатлам юзасида майин хурушланмаган (травление қилинмаган) ёруғ карбиднинг устки қатлами юзага келади. Устки қатламдан кейин қалин тўқ рангда травление қилинган зона жойлашган бўлади, бу зона асосий структура билан кескин чегарага эга эмас. Тўқ хурушланган зонанинг қаттиқлиги HV 10000 МПа, оч устки қатламнинг қаттиқлиги HV 8600 МПа. Тўқ хурушланган қилинган зонанинг структураси мартенсит, карбид ва

$M_3(C,N)$ туридаги карбонитридлардан ташкил топган қоришмадан ташкил топади. Паст ҳароратли нитроцементациялашга жалб қилинган пўлатлардан тайёрланган намуналарнинг юза қатламларидаги микро қаттиқликни ўлчаш натижалари 3-4 соат мобайнида ушлаб турилган ҳолатда микро қаттиқликнинг нисбатан юқори қийматларга эга бўлиши мумкинлигини кўрсатди (8-расм).

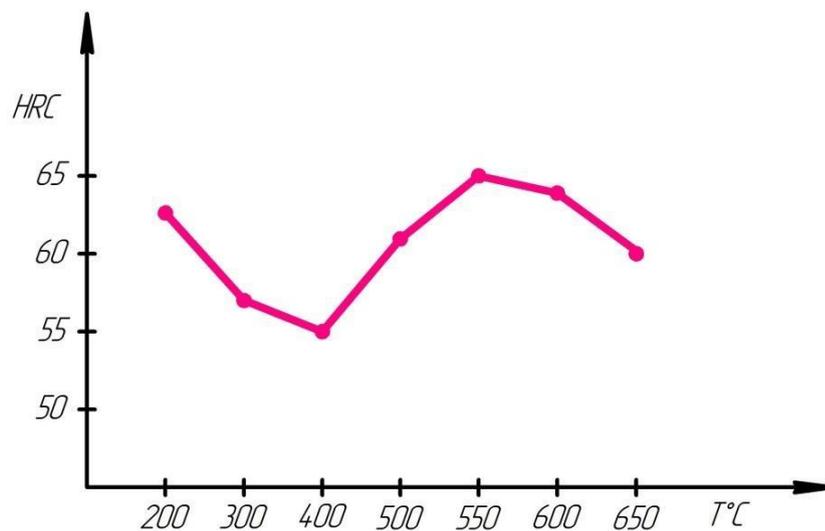


8-расм. 4X5MФ1С маркали пўлатнинг цианланган қатламда микроқаттиқлигининг тўйинтириш чуқурлигига боғлиқ равишда ўзгариши. $T_{тўй.} = 600^\circ\text{C}$. Тўйиниш вақтлари 1 – 1 соат; 2 – 2 соат; 3 – 3 соат; 4 – 4 соат

Диссертациянинг “Р6М5 маркали тезкесар пўлатнинг комбинияциялашган кимёвий-термик ишлов бериш режимларига боғлиқ ҳолдаги структураси ва хоссаси” деб номланган тўртинчи боби термик ишлов бериш режимлари ва паст ҳароратли нитроцементациялаш режимларининг Р6М5 маркали пўлатнинг структура ҳосил қилиш жараёнлари ва хоссаларига таъсирини тадқиқ қилишга бағишланган.

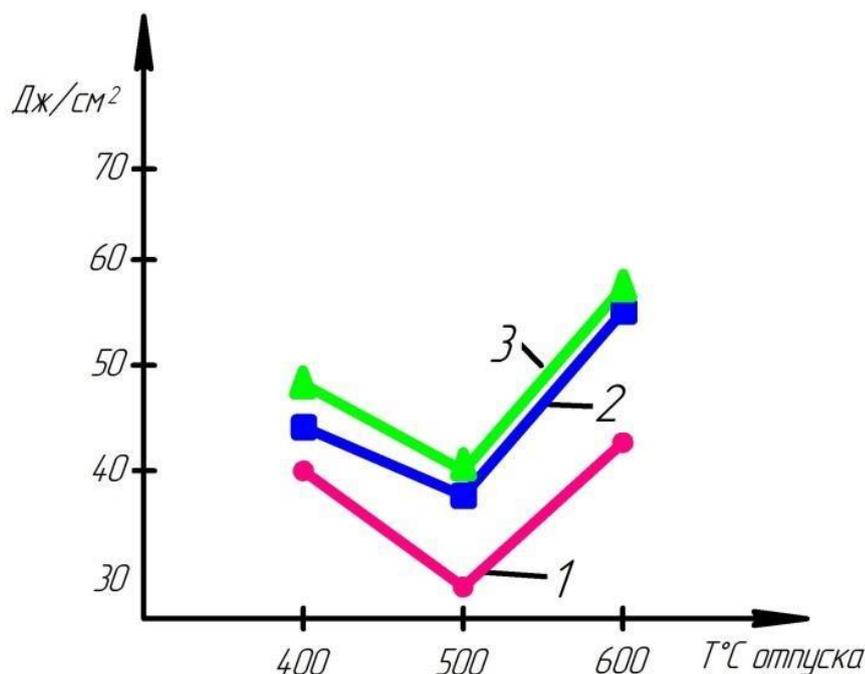
Бу пўлат учун экстремал тоблаш ҳарорати стандарт $1200-1230^\circ\text{C}$ ҳарорат эканлиги аниқланди. Берилган бу тоблаш ҳароратида аустенит донасининг ўлчамига ушлаб туриш вақти катта таъсир кўрсатади. Бу ҳароратдаги оптимал ушлаб туриш вақти 1,5 минутни ташкил қилиб, ушбу ҳолатда донанинг ўлчами 12 баллни ($d_{\text{ўр}} \approx 0.0055$ мм) ташкил этади, бу эса пўлатнинг ейилишга чидамлилигининг ошишига асос ҳисобланади. Р6М5 маркали тайёрланган асбобларнинг нисбатан рационал пухталаш жараёнини аниқлаш мақсадида якуний бўшатиш ҳароратини пўлатнинг қаттиқлигига

таъсири бўйича тадқиқот ишлари бажарилди. 600-620°C ҳароратда ўтказилган бир мартали бўшатиш пўлатда 61-62 HRC қаттиқликни олиш имконини кўрсатди (9-расм) ва бу эса бўшатиш жараёнининг паст ҳароратли нитроцементациялаш жараёни билан бирлаштириш имконини аниқлаб берди. Бу жараёнлар бирлаштирилганда диффузион қатлам 0,15 мм бўлганда пўлат юза қатламидаги қаттиқлик Виккерс шкаласи бўйича HV 11000 МПа га етиши аниқланди.



9-расм. Р6М5 маркали пўлатнинг қаттиқлигига бўшатиш ҳароратининг таъсири. 1200°C ҳароратда тоблаш

Диссертациянинг «4ХМФС, 4Х5МФ1С, Х12Ф1, Р6М5 маркали пўлатларни иссиққабардошлиликка, зарбий қовушқоқликка ва ейилишга бардошлиликка синаш» номли бешинчи бобда юқори ҳароратда тоблаш 4ХМФС ва 4Х5МФ1С маркали пўлатларнинг иссиққабардошлилигини 50-60°C ва Х12Ф1 маркали пўлатнинг эса 40-50°C га ошиши билан боғлиқ бўлган тадқиқот ишлари келтирилган. Иссиққабардошлиликнинг ошиши 1150°C ҳароратда тоблашдан кейин олинган қаттиқ эритманинг легирланиши ҳисобига эканлиги аниқланди. Р6М5 маркали пўлатнинг иссиққабардошлилик бўйича натижалар 1200-1230°C ҳароратда ўтказилган умум қабул қилинган тоблаш ва 620°C ҳароратда ўтказилган 1 соатли бир мартали бўшатиш амалий жиҳатдан стандарт термик ишлов бериш режимида олинган худди шундай натижа беришини кўрсатди. Зарбий қовушқоқликка синаш 4ХМФС ва 4Х5МФ1С маркали пўлатлари учун юқори ҳароратли тоблашни қўллашда унинг қиймати ошишини кўрсатди(10- расм).



10-расм. 4X5MФ1С маркали пўлатнинг зарбий қовушқоқлигига термик ишлов беришнинг таъсири

1 – тоблаш ҳарорати 1020°C, 2 - тоблаш ҳарорати 1150°C, 3 - тоблаш ҳарорати 1200°C

Юқори ҳароратли тоблашни қўлаганда Х12Ф1 маркали пўлатнинг зарбий қовушқоқлиги стандарт термик ишлов беришдаги ҳолатдан бир қанчага юқори ($a_n = 65$ Дж/см² дан; 1150°C да тоблаш ва 600°C да бўшатишда $a_n = 53$ Дж/см²).

Р6М5 маркали пўлатнинг зарбий қовушқоқлиги ҳарорат ошиши билан стандарт термик ишлов бериш режимига қўлагандаги каби камайд, 1200°C ҳароратда тоблаш ва 620°C ҳароратда бўшатишда зарбий қовушқоқлик 25 Дж/см² қийматга етади. Иссиққабардош штампланган асбобларини ейилишга чидамликка синаш «ALUTEX» ишлаб чиқариш фирмаси шароитида ўтказилди. «ALUTEX» ишлаб чиқариш фирмаси алюминий профилларини иссиқ экструзия усули ёрдамида ишлаб чиқариш билан шуғулланади. Бу усул алюминий профилларини матрицадан қиздириб преслаш усули билан маҳсулот олишни ўз ичига олади.

Синаш учун 4X5MФ1С маркали пўлатлардан 3 та комплект матрица ва 4XМФС маркали пўлат учун ҳар бир комплектда 5 дона матрица тайёрланди. Биринчи комплект 4X5MФ1С маркали пўлатидан тайёрланган бўлиб, стандарт термик ишлов беришни, яъни бу жараён 1020°C ҳароратда мойда тоблаш ва 500°C ҳароратда 55 НRC қаттиқликка эришиш учун бўшатишни ўз ичига олди. Иккинчи матрица 4X5MФ1С маркали пўлатдан тайёрланган бўлиб, бу матрица комбинациялашган кимёвий-термик ишлов беришни, яъни 1150°C ҳароратда тоблаш ва кейинги паст ҳароратли нитроцементациялашни 600°C ҳароратда 1 соат мобайнидаги бўшатиш билан бирлаштирган ҳолда ўтказишни ўз ичига олди. Бундай термик ишлов беришдан кейин юзадаги

микроқаттиқлик HV 7500 МПа га, матрицанинг асосидаги қаттиқлик 54 HRC ни ташкил этди. Учинчи матрица 4ХМФС маркали пўлатдан тайёрланган бўлиб, бу ҳам комбинациялашган кимёвий-термик ишлов беришни, яъни 1150⁰С ҳароратда мойда тоблаш ва кейинги паст ҳароратли нитроцементациялашни 600⁰С ҳароратда 1 соат мобайнидаги бўшатиш билан бирлаштирган ҳолда ўтказишни ўз ичига олди. Юза қатламдаги микроқаттиқлик HV 7000 МПа ни, матрицанинг асосидаги қаттиқлик 54 HRC ни ташкил этди. Тўйинтирувчи таркиб сифатида 60 % газ қуруми ва 40 % карбамиддан ташкил топган қоришмадан фойдаланилди.

Синаш мезони сифатида матрицанинг прессланадиган профилининг геометрик оғишлари олинди. Биринчи комплектни синаш стандарт термик ишлов беришдан ўтган матрицалар ўртача 7,5 тонна алюминий профилини пресшлаш имконини кўрсатди. Иккинчи комплектни синашда прессланган профилнинг массаси ўртача 17 тоннагача ошганлигини кўрсатди. Учинчи комплектда комбинациялашган кимёвий-термик ишлов беришдан ўтган 4ХМФС маркали пўлатдан тайёрланган матрицаларни синаш жараёнида ўртача 15 тонна прессланган профиль олинганлигини кўрсатди.

Р6М5 маркали тезкесар пўлатни синаш қуйидаги тарзда амалга оширилди: Р6М5 маркали пўлатдан тайёрланган кесувчи пластинкалар тайёрланди, бу пластинкалар стандарт термик ишлов беришни, яъни 1200-1230⁰С ҳароратда тоблаш ва 64-65 HRC қаттиқликни олишдан иборат бўлган жараёни ўз ичига олди. Солиштириш синовлари учун Р6М5 маркали пўлатдан тайёрланган худди шундай кесувчи пластинкалар комбинациялашган кимёвий-термик ишлов жараёнидан ўтди, бу жараён 1200-1230⁰С ҳароратда мойда тоблаш ва паст ҳароратли нитроцементациялашни 620⁰С ҳароратда 1 соат мобайнидаги бўшатиш билан бирлаштирган ҳолда ўтказишни ўз ичига олди.

Олинган натижалар комбинациялашган кимёвий-термик ишлов жараёнидан ўтган кескичларнинг ейилишга бардошлилиги стандарт термик ишлов бериш режимларига қараганда 2 марта ошганлигини кўрсатди.

Ишлаб чиқилган комбинациялашган кимёвий-термик ишлов бериш жараёни Чирчиқ шаҳридаги “Олмалик ТКМ” АЖ қошидаги “Ноёб металллар ва қаттиқ қотишмалар илмий-ишлаб чиқариш бирлашма”сига жорий этди. Молибден симларини қирялашда қўлланиладиган оғирлик барабанлари бандажлари пухталанишга жалб қилинди. Синаш натижалари тавсия этилган технология асосида пухталанган бандажларнинг ейилишга бардошлилиги завод технологияси асосида пухталанган бандажларнинг ейилишга бардошлилигига қараганда 1,5-2 марта юқори эканлигини кўрсатди.

ХУЛОСА

“Легирилган асбобсозлик пўлатларини паст температурада нитроцементациялашнинг комбинациялашган технологиясини ишлаб чиқиш” мавзусидаги техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича ўтказилган тадқиқот натижалари қуйидагилардан

иборат:

1. Кимёвий-термик ишлов беришнинг комбинациялашган усулида прокатлаш станлари тортишиш барабанларининг бандажлари ва иссиқ ҳолда пресслашда қўлланиладиган матрица учун пухталаш технологиялари ишлаб чиқилган. Бу юқорида қайд этилган деталларни ишлаш муддатини ошириш учун хизмат қилади.

2. Легирланган асбобсозлик пўлатлари учун бўшатиш ва 600-620⁰С ҳароратлар оралиғидаги паст ҳароратли нитроцементациялаш жараёни билан биргаликда иссиқлик режимлари ишлаб чиқилган. Бу иссиқлик режимлари пухталашнинг технологик жараёнини 1.5-2 соатгача қисқартириш имконини беради.

3. 60 % газ қуруми ва 40 % карбамид асосидаги маҳаллий хом ашё асосидаги карбюратор таркиби ишлаб чиқилган. Олинган натижалар асбобларни пухталашда ишлаб чиқариш сарфларини камайтириш учун хизмат қилади.

4. Легирланган асбобсозлик пўлатлари учун паст ҳароратли нитроцементациялашнинг комбинациялашган технологияси ишлаб чиқилган. Бу технология бўшатиш жараёнини асбоблар юзасини азот ва углерод атомлари билан тўйинтириш жараён билан биргалик олиб бориш учун хизмат қилади.

5. Юқори ҳароратли тоблашнинг легирланган асбобсозлик пўлатлари кристалл тузилиши нуқсонларининг шаклланиш жараёнига таъсирининг схемаси ишлаб чиқилган. Бу легирланган асбобсозлик пўлатларини юқори ҳароратда тоблаш режимини ишлаб чиқиш учун хизмат қилади.

6. 4ХМФС ва 4Х5МФ1С маркали пўлатлардан тайёрланган иссиқ ҳолда пресслаш учун қўлланиладиган матрица учун паст ҳароратли нитроцементациялашнинг комбинияциялашган технологик жараёни ишлаб чиқилган. Бу матрицани иссиққа бардошлигини 40-50⁰ С га ошириш учун хизмат қилади.

7. “Олмалиқ ТМК” АЖ қошидаги “Ноёб металллар ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқариш ИИБ” учун прокатлаш станларини тортишиш барабанлари бандажларига паст ҳароратли нитроцементациялаш технологияси жорий этилди. Бунинг натижасида тортишиш барабанлари бандажларининг ейилишга бардошлилигини 1,5-2 мартагача ошириш учун хизмат қилади.

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

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

БЕГАТОВ ЖАХОНГИР МУХАММАДЖОНОВИЧ

**РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ НИТРОЦЕМЕНТАЦИИ
ЛЕГИРОВАННЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ**

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

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

Ташкент 2020

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В.2019.1.PhD/Т1003.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации на двух языках (узбекский, русский и английский (резюме)) размещен на веб – странице (www.tdtu.uz) и информационно – образовательном портале «Ziynet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель: **Норхуджаев Файзулла Рамазонович**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Абдуллаев Фатхулла Сагдуллаевич**
доктор технических наук, профессор

Бекмурзаев Нурхон Хайитович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: **Андижанский институт машиностроения**

Защита диссертации состоит « » 2020 года в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.Т.03.04. Ташкентского Государственного Технического Университета (Адрес: 100095, г.Ташкент, ул. Университетская, 2.Тел./факс: (99871)227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz)

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского Государственного Технического Университета (зарегистрирована за № (Адрес: 100095, г.Ташкент, ул. Университетская, 2.Тел./факс: (99871)227-10-32)

Автореферат диссертации разослан « » _ 2020 года
(реестр протокола рассылки №45 от « » 2020года)

К.А.Каримов
Председатель научного совета по присуждению
учетных степеней, д.т.н., профессор

Н.Д.Турахуджаев
Ученый секретарь научного совета по присуждению
учетных степеней, д.т.н., профессор

Ф.С. Абдуллаев
Председатель научного семинара при научном совете
по присуждению учетных степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии по техническим наукам (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В настоящее время в мировом машиностроении повсеместно происходит интенсификация производства за счет повышения качества продукции и повышение производительности труда. Вместе с тем при производстве инструментов увеличение износостойкости поверхностного слоя металлов является важной задачей. В наиболее промышленно развитых странах таких как Великобритания, Япония, Германия, Россия высокими темпами происходит создание и внедрение новых технологий и новых ресурсосберегающих методов упрочнения деталей машин и инструментов и этому уделяется особое внимание.

В мировой практике производства инструмента различного назначения повсеместное распространение нашли методы поверхностного упрочнения с помощью процессов химико-термической обработки. В этом направлении идёт широкое использование процессов химико-термической обработки в машиностроении, но остаются нерешенными вопросы по созданию ресурсосберегающих, менее энергоёмких технологий поверхностного упрочнения деталей машин и инструментов, которые имеют важные значения. Вместе с тем при упрочнении инструментальных материалов разработка универсального способа химико-термической обработки является насущной необходимостью.

В нашей Республике широкими темпами происходит рост производства металлургической продукции, в частности производство профильного и листового проката из стали и алюминия, используемого в промышленном и гражданском строительстве, в том числе из инструментальной стали изготавливаются валки прокатных станов, различные виды пресс-форм и штампов, а также широкая номенклатура режущего инструмента на этой основе обеспечивается решение вопросов по ресурсо- и энергосбережению. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах определены задачи, включая «... укрепление макроэкономической стабильности и сохранение высоких темпов роста экономики, повышение ее конкурентоспособности, ... сокращение энергоёмкости и ресурсоемкости экономики, широкое внедрение в производство ресурсо-и энергосберегающих технологий»¹.

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

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

перспективных проектов локализации производства готовых видов продукции, комплектующих изделий и материалов на 2017-2019 годы», выступление Президента Республики Узбекистан Ш.М.Мирзиёева от 24 мая 2019 года в Национальном университете Узбекистана с представителями науки и образования протокол № 21 пункт 64, а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

Степень изученности проблемы. В мировой практике для инструментальных сталей созданы и применяются ряд методов упрочнения с помощью химико-термической обработки, в частности проведено усовершенствование способов упрочнения позволяющих снизить энергозатраты при упрочнении инструментальных сталей.

Ведущими учеными мира в том числе Джеком К., Ивенсоном И. (Англия), Гофманом Р. (Германия) получены закономерности влияния состава карбонитридных фаз в поверхностном слое на величину микротвердости поверхности. В автомобильной промышленности Японии учеными Такаши С., Муракана Х., разработан способ нитроцементации в смеси 50% аммиака и 50% эндогаза при 570 °С для упрочнения деталей двигателей и коробки передач. Отто Либкнехтом фирма «Дегусса» (ФРГ) разработана технология нитроцементации в смеси эндогаза и природного газа.

Ведущими учеными СНГ, в том числе учеными России, Лахтиным Ю. М., Коганом Я.Д, изучены процессы азотирования сталей в различных средах и разработаны их технологические режимы. Прокошкиным Д. А. разработаны технологические процессы карбонитрации различного инструмента из быстрорежущей стали. Разработкой технологии высокотемпературной нитроцементации сталей в России занимались Е.А. Гюлиханов, Гадылов В.Н, и др, ими проведены исследования и разработаны режимы по упрочнению структуры и улучшению свойств конструкционных сталей после цианирования. Под руководством Гурьева А.М. с научной группы разработаны технологии упрочнения деталей сельхозтехники с помощью методов химико-термической обработки и технологии упрочнения наплавленных штампов для горячей штамповки методом нитроцементации.

Узбекскими учеными М.М.Михайловым, А.А.Мухамедовым, В.В. Чекуровым разработаны технологии сульфидирования поверхностей трения в твердых средах, конструкционных сталей с целью снижения коэффициента трения, сопрягаемых поверхностей. Тилабовым Б.К, Бердиевым Д.М. и другими разработаны нестандартные методы термической обработки обеспечивающие износостойкость с помощью закалки с экстремальных температур при двойной фазовой перекристаллизации.

Несмотря на большое количество исследований в области применения методов термической и химико-термической обработки, существует ряд

нерешенных технологических проблем. В частности, недостаточно изучены вопросы формирования износостойких структур при разработке комбинированных способов химико-термической обработки разработка которых дает возможность сокращения технологических циклов процесса упрочнения поверхностного слоя металлов; остаются неразработанными вопросы формирования износостойких структур при технологических процессах позволяющих совместить процесс отпуска с процессом насыщения поверхности стали атомами азота и углерода; остаются недостаточно изученными вопросы по возможности сокращения технологических циклов упрочнения с помощью методов химико-термической обработки, возможности использования стандартного оборудования, возможности подготовки среды насыщения на основе местного сырья. Для решения выше приведенных вопросов, необходимо провести исследования по влиянию режимов комбинированной химико-термической обработки на процессы структурообразования исследуемых инструментальных сталей.

Связь диссертационного исследование с плановых научно-исследовательских работ высшего учебного заведения, где выполнена диссертация. Диссертационные исследование выполнено в соответствии с планами научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета в рамках проектов по темам № ОТ-ФЗ-30 «Разработка комбинированной технологии низкотемпературной нитроцементации легированных инструментальных сталей» (2017-2018гг)

Цель исследования состоит в разработке комбинированного технологического процесса низкотемпературной нитроцементации позволяющего совместить процесс отпуска с процессом насыщения поверхностного слоя атомами азота и углерода, обеспечивающего высокий уровень износостойкости инструментальных сталей.

Задачи исследования:

Разработать температурный режим закалки для конкретных марок инструментальных сталей с целью достижения максимального уровня дефектности кристаллического строения;

Определить высокоактивный, дешевый на основе местного сырья карбюризатор для низкотемпературной нитроцементации и разработать его оптимальный состав;

На основе изучения влияния совмещенных процессов отпуска и низкотемпературной нитроцементации на фазовый состав, структуру и глубину диффузионного слоя, разработать тепловые режимы насыщения;

Разработать технологию упрочнения химико-термической обработкой;

Разработать технологические режимы низкотемпературной нитроцементации для легированных инструментальных сталей марок 4ХМФС, 4Х5МФ1С, Х12Ф1, Р6М5;

Определить влияние разработанных режимов низкотемпературной нитроцементации на теплостойкость, ударную вязкость исследуемых марок сталей.

Объект исследования являются легированные инструментальные стали

4ХМФС, 4Х5МФ1С, Х12Ф1, Р6М5.

Предметом исследования являются технологический процесс низкотемпературной нитроцементации, исследование получения износостойких структур с высоким уровнем дефектности кристаллического строения, исследование и получения технологии карбонитридной фазы в процессе отпуска совмещенного с процессом низкотемпературной нитроцементации.

Методы исследования. В диссертации для исследований структурных и фазовых превращений при проведении комбинированной химико-термической обработки использовали металлографический микроскоп МИМ – 8М, «Неофот-21» при увеличении от 100 до 800X, рентгеноструктурный анализ проводили на установке Дрон 3.0-Дрон-3М. Твердость образцов и инструмента определяли на твердомере ТК-2, микротвердость на ПМТ – 3.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

Разработана технология упрочнения бандажей тяговых барабанов прокатных станов и матриц горячего прессования методом комбинированной химико-термической обработки;

Разработаны тепловые режимы для процесса отпуска совмещенного с процессом низкотемпературной нитроцементации в диапазоне температур 600 – 620 °С для легированных инструментальных сталей;

Разработан состав карбюризатора на основе местного сырья 60 % газовая сажа и 40 % карбамида;

Разработана технология комбинированной низкотемпературной нитроцементации легированных инструментальных сталей;

Разработана схема влияния высокотемпературной закалки на процесс формирования дефектности кристаллического строения легированных инструментальных сталей;

Разработан технологический процесс комбинированной низкотемпературной нитроцементации матриц горячего прессования, заключающейся в проведении высокотемпературной закалки и процесса отпуска, совмещенного с процессом нитроцементации для легированных инструментальных сталей 4ХМФС и 4Х5МФ1С.

Практические результаты исследования заключается в следующем:

Разработано и обосновано увеличение износостойкости тяговых барабанов прокатных станов матриц горячего прессования алюминиевых профилей и бандажей в 1,5 – 2 раза;

Разработано и обосновано сокращение технологического цикла упрочнения с помощью, комбинированной технологии низкотемпературной нитроцементации на 1,5 – 2 часа;

Разработано и обосновано увеличение поверхностной твердости в результате применения технологии упрочнения комбинированной технологии низкотемпературной нитроцементации от HRC 60 до HRC 72;

Разработана методика применения твердого карбюризатора для процесса низкотемпературной нитроцементации на основе местного сырья.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследований получена на основе конкретно поставленных задач, при

разработке низкотемпературной нитроцементации с комбинированным процессом обеспечивающим износостойкость высокой степени инструментальной стали, а также применением многочисленных экспериментальных исследований и методам математического планирования экспериментов, а результаты экспериментов получены с помощью современной техники и технологий.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в установлении влияния режимов комбинированной химико-термической обработки на структуру фазовой состав, глубину диффузионного слоя инструментальных сталей

Практическая значимость исследований заключается в разработке состава карбюризатора на основе местного сырья для низкотемпературной нитроцементации и технологических режимов комбинированной химико-термической обработки инструментальных сталей.

Внедрение результатов исследования.

На основании полученных результатов по разработке комбинированной технологии низкотемпературной нитроцементации легированных инструментальных сталей:

- разработана технология упрочнения наплавленных бандажей прокатных станов и тяговых барабанов машины волочения путем проведения комбинированной химико-термической обработки внедрена на предприятии НПО по производству редких металлов и твердых сплавов АО «Алмалыкский ГМК» (Справка № АА005124 АО «Алмалыкский ГМК» 02.07.2020). В результате внедрения увеличилась долговечность наплавленных бандажей прокатных станов и тяговых барабанов машины волочения в 1,5-2 раза.

- разработаны тепловые режимы для проведения совместных процессов отпуска и низкотемпературной нитроцементации, температура насыщения 600-610°C внедрены на предприятии НПО по производству редких металлов и твердых сплавов АО «Алмалыкский ГМК» (Справка № АА005124 АО «Алмалыкский ГМК» 02.07.2020). Разработанный режим позволил сократить технологической цикл на 1,5-2 часа.

- разработан карбюризатор на основе местного сырья 60% газовая сажа 40% карбамида внедрен на предприятии НПО по производству редких металлов и твердых сплавов АО «Алмалыкский ГМК» (Справка № АА005124 АО «Алмалыкский ГМК» 02.07.2020). В результате внедрения технологии упрочнения увеличилась поверхностная твердость от HRC 60 до HRC 72.

Апробация результатов исследования. Основные положения диссертации докладывались и получили одобрение в 11, Научно-практических конференциях, в том числе на 2 международных конференциях и 9 республиканских конференциях и симпозиумах.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 7 научных работ, в том числе 2 статьи зарубежных

журналах и 5 статей в республиканских журналах, рекомендованных опубликованию основных научных результатов диссертаций доктора философии (PhD) ВАК Республики Узбекистан.

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

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ.

Во введении обоснованы актуальность и востребованность исследования, сформулированы цели и задачи исследования, выявлены объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии республики, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована надежность полученных результатов, раскрыты их научные и практические значения, приведены сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Требованиям к инструментальным сталям, термическая обработка и низкотемпературная нитроцементация»** проведён анализ предъявляемых требований к инструментальным сталям. Показано, что как режущие, так и штамповые инструменты подвергаются большим контактными и тепловым нагрузкам, поэтому от них требуется высокая твердость, прочность, износостойкость и теплостойкость. Все эти свойства стали получают в процессе термообработки и химико-термической обработки. В процессе различных режимов термообработки стали получают мартенситную структуру, а при применении легированных сталей получение также мелкодисперсных карбидов, обеспечивающих твердость и теплостойкость. Непосредственное влияние на размер зерна и формирование тонкой структуры стали оказывают температурные режимы закалки стали. Доказана целесообразность применения высокотемпературного нагрева для закалки инструментальных сталей, применение которой приводит к образованию «зонной» структуры с химической микрооднородностью и дроблению блоков мозаики с одновременным увеличением плотности дислокаций. Кроме этого в первой главе изучены и проанализированы исследовательские работы по технологическим процессам одновременного насыщения стали азотом и углеродом, процессы нитроцементации. Установлено, что для поверхностного упрочнения инструментальных сталей наиболее широкое применение нашли способы низкотемпературной нитроцементации позволяющие насыщать поверхность стали одновременно атомами азота и углерода при температурах 500-550°C. При этом наиболее технологичными из рассматриваемых способов упрочнения являются способы нитроцементации при которых насыщающий слой получают с помощью специальной обмазки, наносимой на поверхность деталей и инструментов.

Во второй главе диссертации **«Материал и методика исследований»** проведен выбор объектов исследования в качестве которых были выбраны

штамповые стали марок 4ХМФС 4Х5МФ1С, Х12Ф1 и быстрорежущая сталь Р6М5. Приведены режимы комбинированной химико-термической обработки заключающиеся в проведении закалки с различных температур нагрева и последующего отпуска, совмещенного с процессом нитроцементации. Закалка проводилась для штамповых сталей с различных температур нагрева начиная от стандартных до 1200°C. Для стали Р6М5 нагрев проводился со стандартной температуры 1200-1230°C. Нагрев проводился в соляных электродных ваннах. Нагретые образцы закачивали в масло с последующим отпуском совмещенным с процессом низкотемпературной нитроцементации. Для сталей 4ХМФС 4Х5МФ1С, Х12Ф1 отпуск проводился с температур 500,550,600°C, для стали Р6М5 с температур 560,620,700,730°C. Для процесса низкотемпературной нитроцементации использовали твердую среду, состоящую 60-80% твердого карбюризатора газовая сажа и 30-40% карбамида СО (NH₂)₂ – мочевины. Контейнер с образцами и насыщающей средой помещали в разогретую до разных температур (550-600°C) печь и время насыщения исчисляли с момента установления температуры после загрузки контейнера. Общее время насыщения брали 1,3,6 часов. Состояние тонкой структуры определяли рентгенографически. Съёмки рентгенограмм проводили в режиме автозаписи с применением эталона из тех же сталей на рентгеновских дифрактометрах Дрон 3.0-Дрон-3М. Использовали излучение железного анода. Определяли физическую ширину рентгеновской линии методом аппроксимации с использованием поправочных графиков. Результаты состояния тонкой структуры определялось непосредственно по физической ширине рентгеновской линии интерференции. Подсчитывалась плотность дислокаций по формуле

$$\rho = \frac{\beta^2}{2b^2} \cdot \text{ctg}^2 \theta \quad (1)$$

где

θ – угол отражения

β - физическая ширина рентгеновской линии

b – вектор Бюргерса

Период кристаллической решетки находили по положению центра тяжести распределения линии интерференции

$$\alpha = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \quad (2)$$

где

λ – длина волны рентгеновского излучению

θ – угол отражения

h, k, l - кристаллографические индексы

Для определения количества остаточного аустенита после термической обработки проводили съёмку рентгеновских линий (211) α - фаза (200) γ – фазы. Расчет проводился путем определения отношений интенсивности этих линий.

Твердость образцов прошедших термическую обработку определяли на твердомере ТК-2. Микротвердость поверхностного слоя образцов определяли

на микротвердомере ПМТ-3. Ударную вязкость образцов определяли маятником копре МК-30 на стандартных образцах размером 10x10x55 по ГОСТ 9454-78 и согласно рекомендациям.

Испытания на теплостойкость проводились на специально подготовленных образцах прошедших различные режимы термообработки путем замера твердости в холодном состоянии. Подготовленные образцы подвергались двухчасовому отпуску в камерной печи при заданных температурах. После охлаждения образцов проводили замеры твердости.

Стойкостные испытания быстрорежущей стали Р6М5 проводились на токарно-винторезном станке модели 1К62 в лабораторных условиях. Для испытания были подготовлены проходные резцы прошедшие стандартную и комбинированную химико-термическую обработку. Обработка экспериментальных данных проводилась согласно методам статической обработки результатов.

Третья глава диссертации «**Структура и свойства штамповых сталей 4ХМФС, 4Х5МФ1С и Х12Ф1 в зависимости от режимов комбинированной химико-термической обработки**» посвящена изучению влияния высокотемпературной закалки и процессов отпуска на структурообразование исследуемых сталей, величину аустенитного зерна, содержание остаточного аустенита, плотность дислокаций а также процессам протекающим при поверхностном насыщении сталей азотом и углеродом (низкотемпературная нитроцементация).

Проведенные исследования показали, что в результате проведения высокотемпературной закалки для всех рассматриваемых марок сталей происходит увеличение дефектности кристаллического строения, что отражается на плотности дислокаций (рис. 1,2).

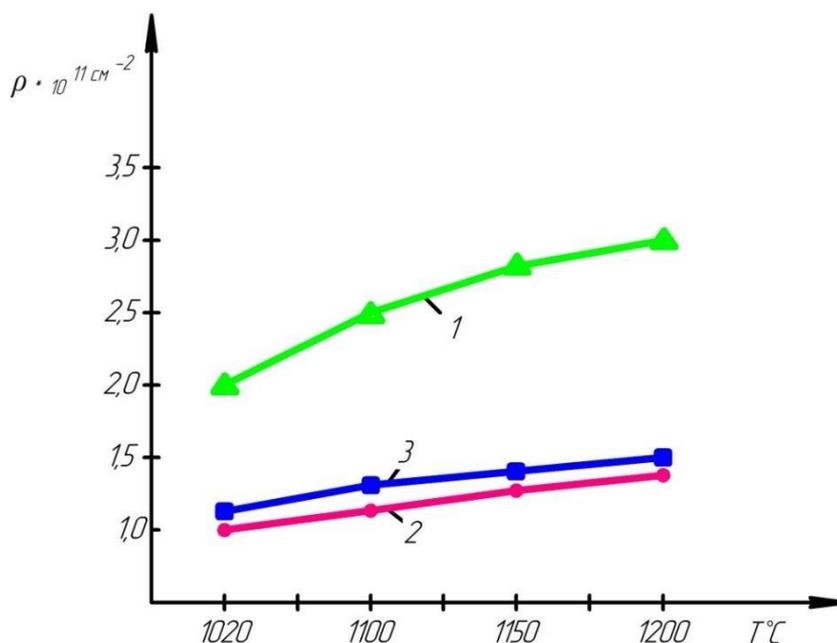


Рис.1. Влияние температуры закалки и отпуска на плотность дислокации стали 4Х5МФ1С 1-без отпуска, 2-отпуск 550 °С, 3-отпуск 600 °С.

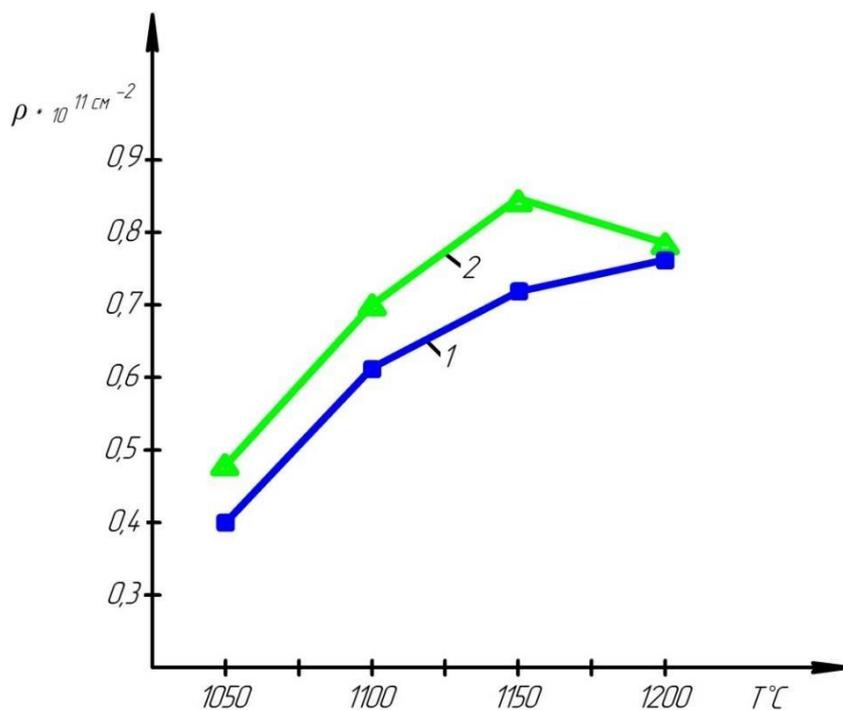


Рис.2. Влияние температуры закалки и отпуска на плотность дислокации стали X12Ф1
1-отпуск 550 °C, 2-отпуск 600 °C

Исследований состояния тонкой структуры сталей указывают на то, что максимальный уровень дефектности кристаллического строения исследуемых сталей формируется при проведении закалки с температур 1150-1200⁰C. Параметр кристаллической решетки при этом уменьшается (рис. 3,4). Повышение плотности дефектов кристаллической решетки ведет к значительному уменьшению количества углерода в тетрагональной решетке мартенсита, то есть часть атомов углерода уходит на дефекты решетки.

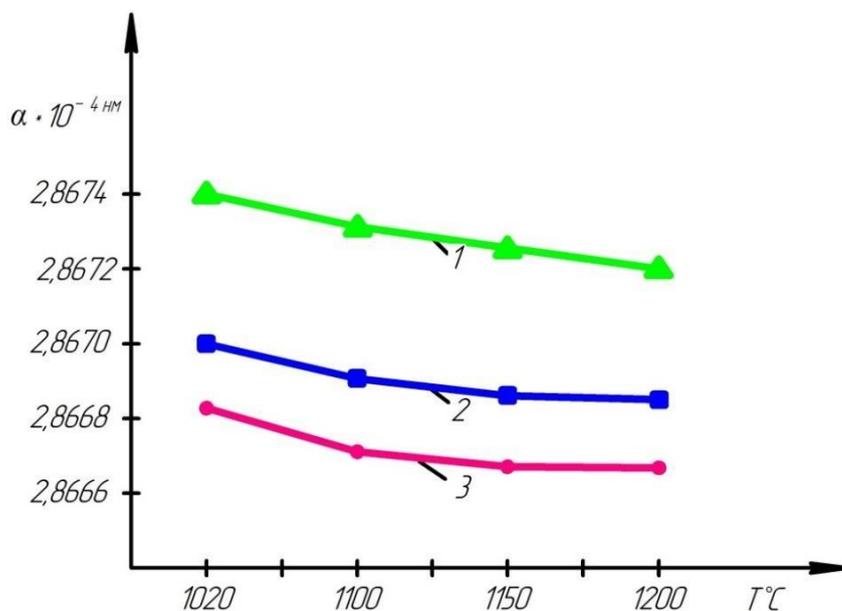


Рис.3. Влияние температуры закалки и отпуска на параметр кристаллической решетки стали 4X5MФ1C
1-без отпуска, 2-отпуск 550 °C, 3-отпуск 600 °C

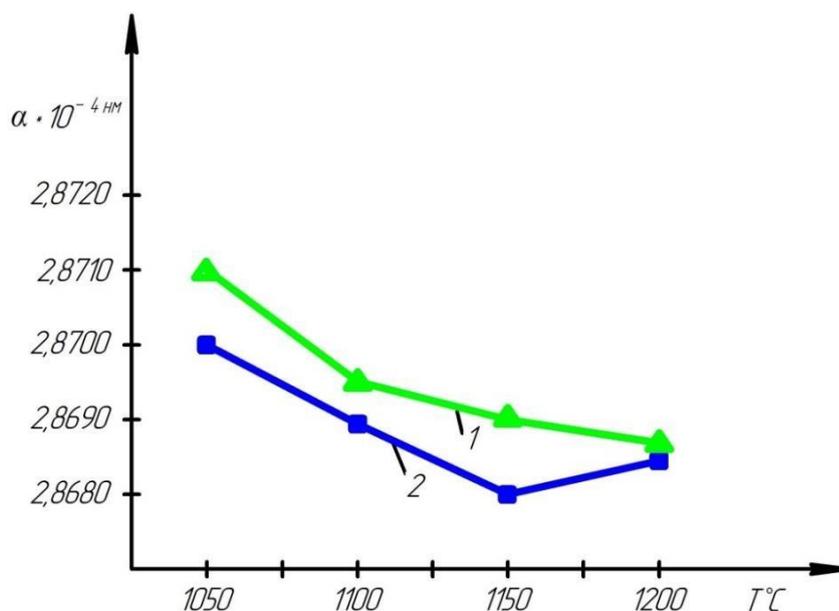


Рис.4. Влияние температуры закалки и отпуска на параметр кристаллической решетки стали X12Ф1
1-отпуск 550 °С, 2-отпуск 600 °С

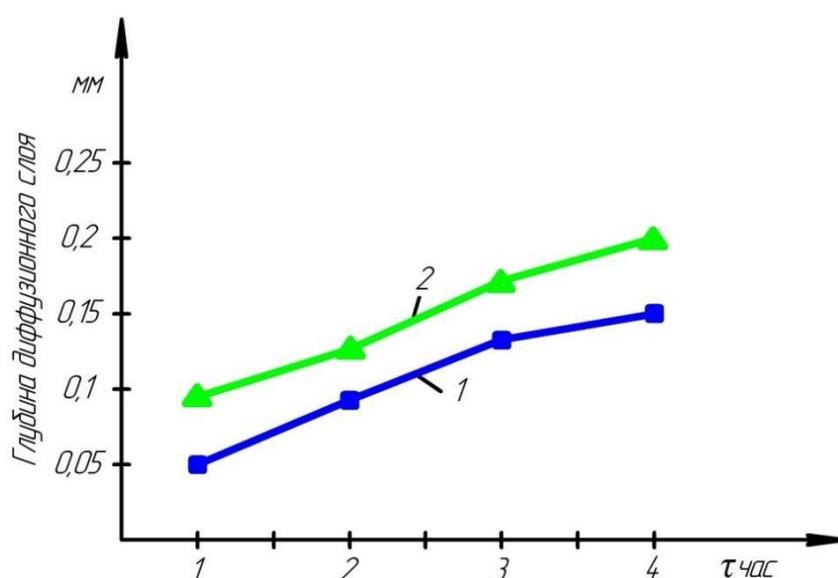


Рис.5. Влияние времени выдержки на глубину диффузионного слоя стали 4X5MФ1С при температурах 550 °С (кривая 1) и при температуре 600 °С (кривая 2).

Сущность комбинированной химико-термической обработки в нашем случае состоит в возможности совмещения процессов насыщения сталей атомами углерода, азота и процесса отпуска сталей в единый технологический цикл.

Известно, что процесс насыщения атомами углерода и азота при низкотемпературном цианировании начинается при температуре 560⁰С, причем для интенсивного насыщения стали углеродом в короткое время температура процесса должна быть как можно выше.

Однако с увеличением температуры выше 650°C начинаются процессы распада структуры стали, что ведет к разупрочнению стали и снижению твердости. Поэтому в нашем случае для совмещения процессов отпуска и цианирования были выбраны интервалы температур $550\text{-}620^{\circ}\text{C}$. Было установлено, что наиболее технологичным для процесса твердого цианирования является карбюризатор из местного сырья состоящий из 60% сажи 40% карбамида.

Исследования процесса твердого цианирования в данном карбюризаторе при различных температурных режимах показали, что наибольшее значения по глубине диффузионного слоя достигается при температуре 600°C и выдержки в районе 3-4 часов (рис.5,6.)

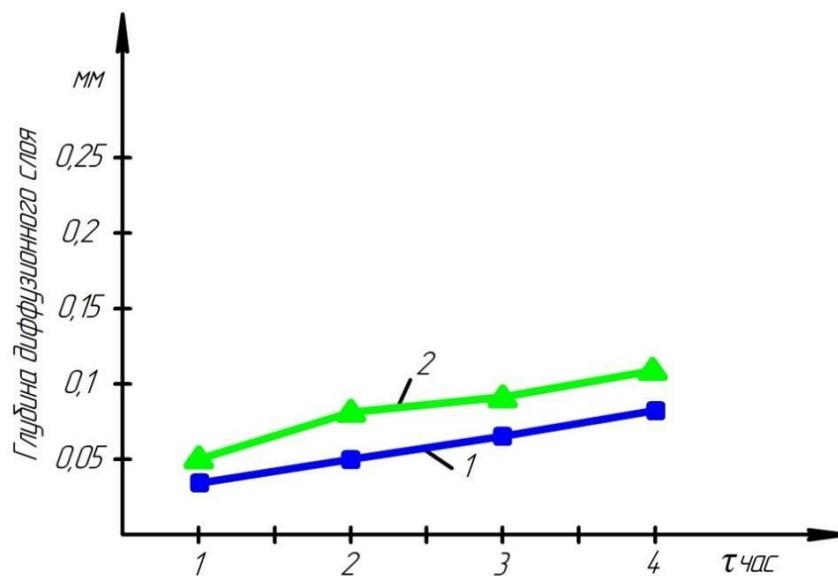


Рис.6. Влияние времени выдержки на глубину диффузионного слоя стали X12Ф1 при температурах 550°C (кривая 1) и при температуре 600°C (кривая 2).

В процессе совмещения отпуска сталей с процессом низкотемпературной нитроцементации, насыщенный слой представляет собой тонкую смесь мартенсита и образовавшихся карбонитридных фаз. (рис. 7).

На поверхности цианированного слоя образуется тонкий не травящейся слой светлой корки карбида. После слоя корки располагается толстая темнотравящаяся зона, не имеющая резкой границы с основной структурой. Твердость темнотравящейся зоны HV 10000 МПа, твердость светлой корки HV 8600 Мпа. Структура темнотравящейся зоны представляет собой смесь мартенсита, карбидов и карбонитридов типа $\text{M}_3(\text{C},\text{N})$. Измерение микротвёрдости поверхностного слоя образцов сталей подвергнутых низкотемпературной нитроцементации показали, что наибольшее значение микротвердость достигает при выдержке 3-4 часа (рис.8).

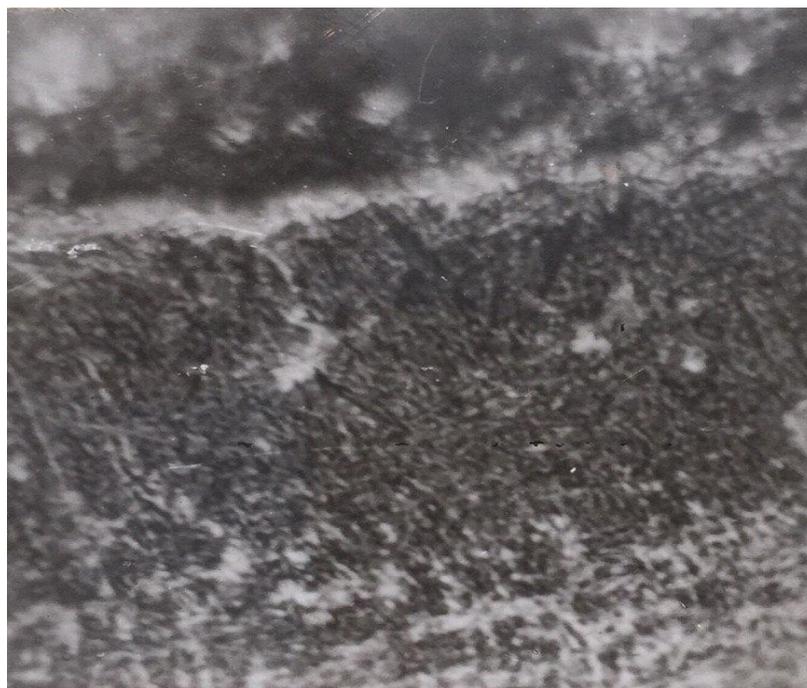


Рис 7. Цианированной слой после насыщения 4 часа x500

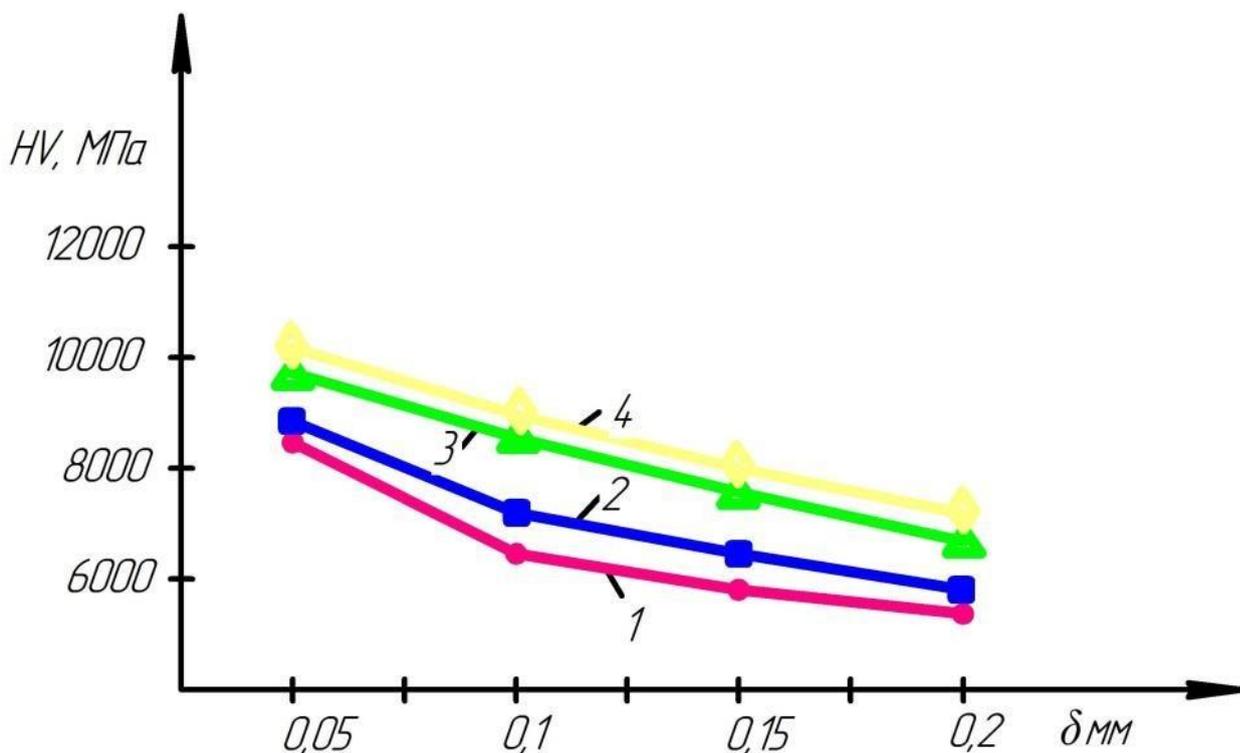


Рис.8. Изменение микротвёрдости цианированного слоя по глубине насыщения стали 4X5MФ1С. $T_{\text{насыщ}}=600\text{ }^{\circ}\text{C}$
 Время насыщения 1 - 1 час, 2 - часа, 3 - часа, 4 – часа

комбинированной химико-термической обработки» посвящена исследованию влиянию режимов термообработки и режимов низкотемпературной нитроцементации на процесс структурообразования и свойства стали Р6М5.

Было установлено, что экстремальной температурой закалки для этой стали является стандартная закалка с 1200-1230°C. При данной температуре закалки большое влияние на размер аустенитного зерна оказывает время выдержки при температуре. Установлено что, оптимальное время выдержки при закалке с этих температур составляет 1,5 мин при этом достигается 12 балл размер зерна ($d_{cp} \approx 0,0055$ мм) что является предпосылкой для увеличения износостойкости стали. С целью построения более рационального процесса упрочнения инструмента из стали Р6М5 были проведены исследования по влиянию температуры окончательного отпуска на твердость стали. Было установлено, что проведение однократного отпуска при температуры 600-620°C дает возможность получить твердость HRC 61-62 (рис. 9.), что и предопределило возможность совмещения процесса отпуска с процессом низкотемпературной нитроцементации. Было установлено, что при совмещении этих процессов твердость поверхностного слоя достигает HV 11000 МПа при глубине диффузионного слоя 0,15 мм.

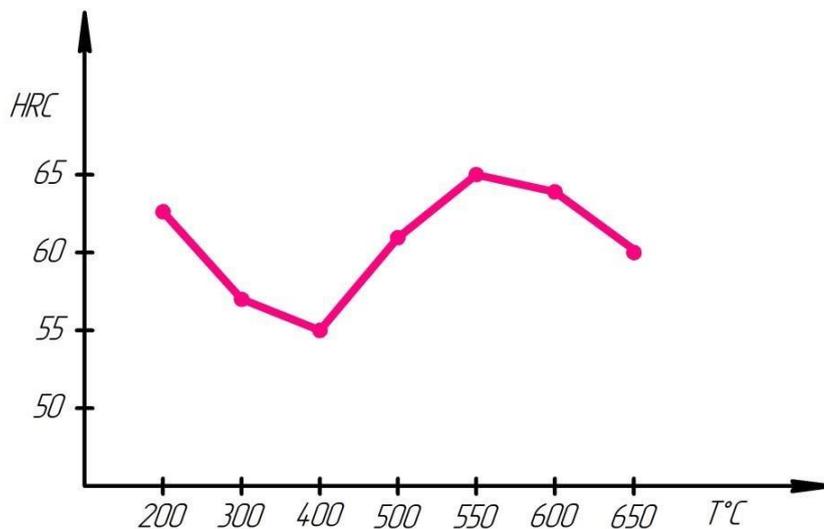


Рис.9. Влияние температуры отпуска на твердость стали Р6М5. Закалка с температуры 1200 °С

В пятой главе диссертации **«Испытания сталей 4ХМФС, 4Х5МФ1С, Х12Ф1, Р6М5 на теплостойкость ударную вязкость и износостойчивость»** было установлено, что проведение высокотемпературной закалки ведет к увеличению теплостойкости на 50-60°C сталей 4ХМФС и 4Х5МФ1С и 40-50°C стали Х12Ф1. Увеличение теплостойкости достигнуто было за счет легированности твердого раствора полученного после закалки с 1150°C. Результаты по теплостойкости стали Р6М5 показали, что режим термической обработки включающий в себя закалку с общепринятых температур 1200-1230°C и однократный часовой

отпуск при температуре 620⁰С, дает практически такие же результаты как стандартный режим термообработки. Испытания на ударную вязкость показали, что применение высокотемпературной закалки для сталей 4ХМФС и 4Х5МФ1С ведет к ее повышению (рис.10).

Ударная вязкость стали Х12Ф1 при применении высокотемпературной закалки несколько выше после стандартной термообработки ($a_n=65$ Дж/см² против $a_n=53$ Дж/см² закалка с 1150⁰С отпуск 600⁰С).

Ударная вязкость стали Р6М5 с ростом температуры отпуска падает как при применении стандартного режима термообработки, так и при закалке с 1200⁰С и одночасовом отпуске, и достигают значения 25 Дж/см² при отпуске 620⁰С. Испытания теплостойких штамповых сталей на износоустойчивость проводились в производственных условиях фирмы «ALUTEX». Фирма «ALUTEX» занимается производством алюминиевых профилей методом горячей экструзии. Данный метод предполагает получение заданного профиля изделия из алюминия горячим прессованием через матрицу.

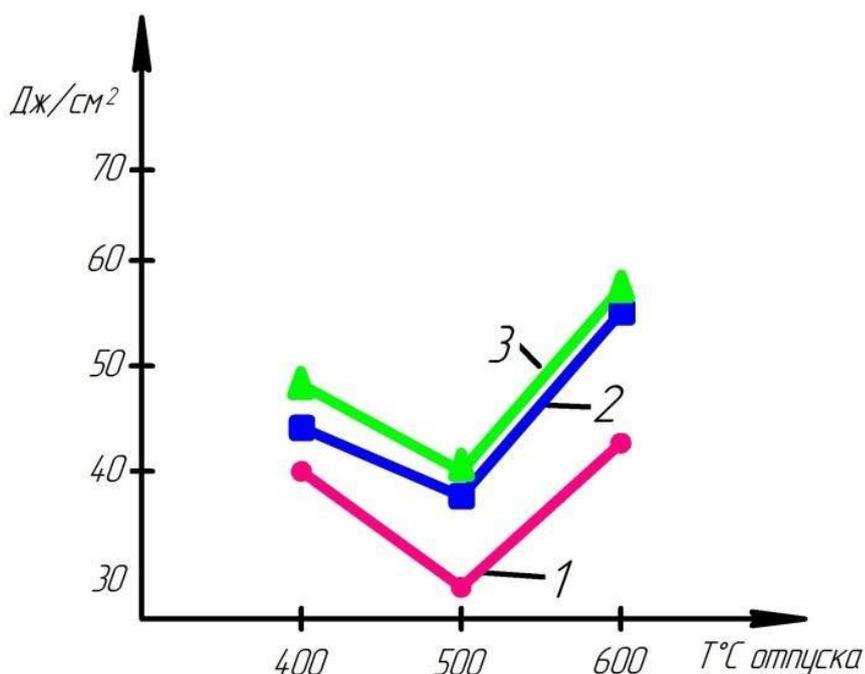


Рис. 10. Влияние режимов термообработки на ударную вязкость стали 4Х5МФ1С
1 - закалки 1020⁰С; 2 - закалки 1150⁰С; 3 - закалки 1200⁰С.

Для проведения испытаний были подготовлены 3 комплекта матриц из сталей 4Х5МФ1С и 4ХМФС по 5 штук в каждом комплекте. Первый комплект из стали 4Х5МФ1С прошел стандартную термическую обработку заключающейся в закалке с температуры нагрева 1020⁰С в масло и отпуску 500⁰С на твердость HRC 55. Второй комплект из стали 4Х5МФ1С матриц прошел комбинированную химико термического обработки, заключающейся в закалке с температуры 1150⁰С и последующему процессу низкотемпературной нитроцементации совмещенному с процессом отпуска при температуре 600⁰С в течение 1 часа. При такой обработке микротвердость поверхности составляла HV 7500 Мпа, твердость основы матрицы HRC 54. Третий комплект матриц был изготовлен из стали 4ХМФС прошел также комбинированную химико-термическую обработку,

состоящую из закалки с температур 1150°C в масло и низкотемпературной нитроцементации совмещенной с отпуском при температуре 600°C 1 час.

Микротвердость поверхностного слоя составляла HV 7000Мпа, твердость основной структуры матрицы составила HRC 53-54. В качестве насыщающего состава использовалась смесь, состоящая из 60% газовой сажи + 40% карбамида.

Критерием испытаний был выход из строя матрицы по геометрическим отклонениям прессуемого профиля. Испытания первого комплекта показали, что в среднем матрицы прошедшие стандартную термообработку отпрессовали 7,5 тонн алюминиевого профиля. Испытания второго комплекта показали увеличение массы прессуемого профиля уже в среднем до 17 тонн. Испытания третьего комплекта, изготовленного из стали 4ХМФС и прошедшего комбинированную химико-термическую обработку показали в среднем значения в 15 тонн отпрессованного профиля.

Испытания быстрорежущей стали Р6М5 проводилось следующим образом. Были изготовлены режущие пластинки из стали Р6М5 прошедшие стандартную термическую обработку заключающейся в закалке с температур $1200-1230^{\circ}\text{C}$, с получением твердости HRC 64-65. Для сравнительных испытаний были подготовлены аналогичные режущие пластинки из стали Р6М5 прошедшие комбинированную химико – термической обработки, заключающейся в закалке с температур $1200-1230^{\circ}\text{C}$ в масло и низкотемпературной нитроцементации совмещенной с процессом отпуска при температурах 620°C 1 час.

Установлено, что износостойкость резцов прошедших комбинированной режим химико – термической обработки в 2 раза выше чем у резцов прошедших стандартной режим термообработки.

Разработанная комбинированная химико – термической обработка была внедрена на предприятии НПО по производству редких металлов и твердых сплавов АО «Алмалыкский ГМК» в городе Чирчик. Упрочнению подвергались бандажи тяговых барабанов, применяемых для волочения молибденовой проволоки. Испытания показали, что износостойкость упрочненных на предлагаемой технологии бандажей в 1,5-2 раза выше, по сравнению с износостойкостью бандажей, упрочненных по заводской технологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных исследований по разработке комбинированной технологии низкотемпературной нитроцементации легированных инструментальных сталей можно сделать следующие выводы:

1. Разработана технология упрочнения бандажей тяговых барабанов прокатных станов и матриц горячего прессования методом комбинированной химико-термической обработки. Это позволило увеличить срок службы этих деталей.

2. Разработаны тепловые режимы для процесса отпуска совмещенного с процессом низкотемпературной нитроцементации в диапазоне температур 600 – 620 °С для легированных инструментальных сталей. Данные тепловые режимы позволяют сократить технологический процесс упрочнения на 1,5 – 2 часа.

3. Разработан состав карбюризатора на основе местного сырья 60 % газовая сажа и 40 % карбамида. Полученный результат позволяет сократить производственные расходы при упрочнении инструментов.

4. Разработана технология комбинированной низкотемпературной нитроцементации легированных инструментальных сталей. Эта технология позволяет совместить процесс отпуска с процессом насыщения поверхности инструмента атомами азота и углерода.

5. Разработана схема влияния высокотемпературной закалки на процесс формирования дефектности кристаллического строения легированных инструментальных сталей. Это позволило разработать режим высокотемпературной закалки легированных инструментальных сталей.

6. Разработан технологический процесс комбинированной низкотемпературной нитроцементации матриц горячего прессования, заключающейся в проведении высокотемпературной закалки и процесса отпуска, совмещенного с процессом нитроцементации для легированных инструментальных сталей 4ХМФС и 4Х5МФ1С. Это позволило увеличить теплостойкость матриц на 40 – 50 °С.

7. На предприятии по производству редких металлов и твердых сплавов внедрена технология низкотемпературной нитроцементации бандажей тяговых барабанов прокатных станов. В результате внедрения этой технологии износостойкость бандажей тяговых барабанов увеличилось в 1,5-2 раза, что позволяет увеличить рабочий ресурс прокатного стана.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.T.03.04. ON THE ADMISSION
OF SCIENTIFIC AT THE TASHKENT STATE TECHNICAL
UNIVERSITY AND THE NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN**

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

BEGATOV JHAKHONGIR MUKHAMMADJONOVICH

**DEVELOPMENT OF THE COMBINED TECHNOLOGY OF LOW-
TEMPERATURE NITROCEMENT CENTRATION OF ALLOYED
INSTRUMENTAL STEELS**

**02.05.01 - Material Science in Mechanical Engineering. Foundry. Heat
treatment and treatment of metals by pressure. Metallurgy of ferrous, non-
ferrous and rare metals**

**ABSTRACT OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
IN TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent 2020

The theme of the dissertation of the Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences is registered in the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan for B.2019.1.PhD/T1003.

The dissertation was completed at Tashkent State Technical University.

The abstract of the dissertation in two languages (Uzbek, Russian and English (summary)) is available on the web page (www.tdtu.uz) and the information and educational portal "Ziyonet" (www.ziyonet.uz).

Scientific adviser: **Norhodzhaev Fayzulla Ramazonovich**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents: **Abdullaev Fatkhulla Sagdullaevich**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Bekmurzaev Nurkhon Hayitovich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Leading organization: **Andijan Institute of Mechanical Engineering**

The defense of the dissertation consists of "" 2020 at 1000 hours at a meeting of the Scientific Council .No DSc.03/12.2019.T.03.04. under the Tashkent State Technical University of Uzbekistan (Address: 100095, Tashkent, Universitetskaya St., 2. Tel./fax: (99871) 227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz)

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

Abstract of the dissertation sent "" _ 2020
(register of the distribution protocol No. 45 from "" 2020)

K.A. Karimov
Chairman of the Award Scientific Council
accounting degrees, doctor of technical sciences, professor

N.D. Turakhujaev
Scientific Secretary of the Scientific Council for Award
accounting degrees, doctor of technical sciences, professor

F.S. Abdullaev
Chairman of the Scientific Seminar at the Scientific Council
by award of accounting degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The purpose of the study: is to develop a combined technological process of low-temperature nitrocarburizing, which allows combining the tempering process with the process of saturation of the surface layer with nitrogen and carbon atoms, which provides a high level of wear resistance of tool steels.

Research objectives: to develop and justify the temperature regime of hardening for specific grades of tool steels in order to achieve the maximum level of crystal structure defectiveness;

Determine a highly active, cheap carburetor for low-temperature nitrocarburizing based on local raw materials;

To establish the possibility of conducting and investigating the effect of combined tempering processes and low-temperature nitrocarburizing on the phase composition, structure, and depth of the diffusion layer;

To develop technological regimes of low-temperature nitrocarburizing for steels of grades 4KhMFS, 4Kh5MF1S, Kh12F1, P6M5;

To determine the influence of the developed regimes of low-temperature nitrocarburizing on the heat resistance and impact toughness of the studied steel grades.

The object of study are tool steels 4KhMFS, 4Kh5MF1S, Kh12F1, R6M5.

Subject of research: are the technological process of low-temperature nitrocarburizing, the study of obtaining wear-resistant structures with a high level of defect in the crystal structure, the study of obtaining the carbonitride phase during tempering combined with the process of low-temperature nitrocarburizing.

Research Methods. To study the structural and phase transformations during the combined XTO, we used a MIM-8M, Neofot-21 metallographic microscope with an increase from 100 to 800X. The value of austenitic grain was determined according to GOST 5639-82. X-ray diffraction analysis was performed on a Dron 3.0-Dron-3M installation. The hardness of the samples and the tool was determined on hardness testers TK-2, microhardness on PMT - 3.

The scientific novelty of the study is as follows:

the influence of high-temperature hardening on the level of defectiveness of the crystal structure of alloyed tool steels was established;

developed modes of high-temperature hardening and tempering increasing the heat resistance of alloyed tool steels;

The technology of combined HTO (low-temperature nitrocarburizing) alloyed tool steels was developed;

The composition of the carburizer based on local raw materials was determined.

The practical results of the study are as follows:

1.5 - 2 times increase in wear resistance of hot pressing matrices of aluminum profiles and bandages of traction drums of rolling mills;

reduction of the hardening technological cycle with the help of combined XTO by 1.5 - 2 hours;

increase in surface hardness as a result of the application of hardening technology for combined XTO from HRC 60 to HRC 72.

plementation of research results.

Based on the results obtained on the development of hardening technology for alloyed tool steels:

The technology of hardening the weld-on bandages of rolling mills and traction drums of a drawing machine by means of a combined XTO was developed and introduced at the enterprise

NGOs for the production of rare metals and hard alloys of Almalyksky MMC JSC (Information No. AA005124 Almalyksky MMC 02.072020). As a result of the implementation, the durability of the deposited bandages of rolling mills and traction drums of the drawing machine increased by 1.5-2 times.

thermal conditions have been developed for conducting joint tempering and low-temperature nitrocarburizing processes, the saturation temperature is 600-610 ° C and introduced at the enterprise of the production of rare metals and hard alloys of Almalyksky MMC JSC (Reference No AA005124 Almalyksky MMC 02.072020). The developed mode allowed to reduce the technological cycle by 1.5-2 hours.

a carburetor based on local raw materials was developed; 60% carbon black 40% urea was introduced at the enterprise of the production of rare metals and hard alloys of Almalyksky MMC JSC (Note No. AA005124 Almalyksky MMC 02.072020). As a result of the introduction of hardening technology, the surface hardness increased from HRC 60 to HRC 72.

The structure and scope of the dissertation. The structure of the dissertation consists of introduction, five chapters, conclusion, list of used literature, applications. The scope of the dissertation is 120 pages.

Эълон қилинган ишлар рўйхати
Список опубликованных работ
List of published works

I–бўлим (I – част; I–part)

1. Бегатов Ж.М. Технологические возможности комбинированной химико-термической обработки инструментальной стали 4ХМФС// Композицион материаллар илмий-техникавий ва амалий журнали, 2018. №1. – С.67-69
2. Бегатов Ж.М. Норхуджаев Ф.Р. Структурообразование стали Р6М5 при комбинированной химико-термической обработке Вестник ТашГТУ 2018. №3. – С.123-127
3. Бегатов Ж.М. Норхуджаев Ф.Р. Мухамедов А.А. The effect of extreme tempering temperatures and subsequent tempering on the structure-forming and properties of die steels International Journal of Advand Research in Science Engineering and Technology Vol. 6, Issue 4, April 2019. – С.8863-8867
4. Бегатов Ж.М. Влияние температур закалки и отпуска на структурообразование штамповых сталей 4ХМФС и 4Х5МФ1 Станочный парк 2019. №1. – С.30-32
5. Бегатов Ж.М. Влияние режимов низкотемпературной нитроцементации на структуру и свойства стали 4Х5МФ1С Композицион материаллар илмий-техникавий ва амалий журнали 2019. №1. – С. 87-89
6. Бегатов Ж.М. Шукуров Ш.Т. Влияние температур закалки и отпуска на структурообразование штамповых сталей 4ХМФС и Х12Ф1 Композицион материаллар илмий-техникавий ва амалий журнали 2019. №3. – С.111-112

II –бўлим (II – част; II –part)

7. Бегатов Ж.М. Кадырбекова К.К. Особенности алмазаподобных покрытий //Сборник докладов республиканской научной конференции “Роль интеллектуальной молодежи в развитии науки и техники” 2016. №2. – С.191-193
8. Бегатов Ж.М. Кадырбекова К.К. Особенности формирования алмазаподобных покрыти Техника и технология машиностроения V международная студенческая научно-практическая конференция Омск 2016 г. С.147-149
9. Бегатов Ж.М. Термик ишлов беришнинг таркибий қисми Бухарский государственный университет Сборник материалов республиканской научно-практической конференции 2017. №4. – С.55-60
10. Бегатов Ж.М. Металл ва қотишмаларнинг умумий хоссалари Мирзо Улуғбек номидаги Самарқанд Давлат Архитектура-Қурилиш Инситути “Таълим, фан ва ишлаб чиқаришда интеллуқтуал салоҳиятли ёшларни ўрни” мавзусилаги анъанавий XIII республика илмий амалий конференцияси материаллари 2017. №4. – С.129-133

11. Бегатов Ж.М. Влияние температуры закалки на технологию проведения низко температурной нитроцементации стали 4ХМФС. Тольяття. Перспективное направление развития автотранспортного комплекса – 2018 сборник научных трудов. – Тольяття: ТГУ; Ташкент ТашГТУ; Старый Оскол: ТНТ, 2018 г. С.147-152

12. Бегатов Ж.М. Влияние режимов термической обработки на теплостойкость штамповых сталей ТДТУ Машинасозлик факультети “Инновацион техника ва технологияларнинг муаммо ва истикболлари” мавзусидаги Республика илмий ва илмий-техник анжумани 2019г. С.120-121

13. Бегатов Ж.М. Абдукаримова С.М. Хабибуллаева И.А. «Влияние температуры закалки и отпуска на структуреобразование сталей 4ХМФС, 4ХМФ1С и Х12Ф1» VIII Глобальная наука и инновации 2020: Центральная азия Международный научно-практический журнал. №3 (3).Февраль-март 2020. II – ТОМ. “Global science and innovations 2020” 2020г – С.193-195