

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
PhD.03/30.12.2019.Т.66.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

АНДИЖОН МАШИНАСОЗЛИК ИНСТИТУТИ

КАСИМОВ БАХТИЁРЖОН МУРАТ ЎҒЛИ

**БАТАН ТИШЛАРИНИНГ ИШЧИ СИРТЛАРИГА
МИКРОШАРЧАЛАРНИ ЙЎНАЛТИРИШ (ДРОБ)ОҚИМЛИ ИШЛОВ
БЕРИШ ОРҚАЛИ СТЬ РУСУМЛИ ТЎҚУВ ДАСТГОҲИНИНГ ИШ
ҚОБИЛИЯТИНИ ОШИРИШ УСУЛИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**05.02.03 – Технологик машиналар. Роботлар, мехатроника ва
робототехника тизимлари**

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

**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**

Касимов Бахтиёржон Мурат ўғли

Батан тишларининг ишчи сиртларига микрошарчаларни йўналтириш (дроб) оқимли ишлов бериш орқали СТБ русумли тўқув дастгоҳининг иш қобилиятини ошириш усулини ишлаб чиқиш..... 3

Касимов Бахтиёржон Мурат ўғли

Разработка метода повышения работоспособности ткацкого станка СТБ дробеструйной обработкой рабочих поверхностей зубьев батана..... 23

Kasimov Bakhtiyorjon

Development of a method for improving the efficiency of the STB loom by shot blasting the working surfaces of the batan teeth..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works..... 43

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
PhD.03/30.12.2019.Т.66.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

АНДИЖОН МАШИНАСОЗЛИК ИНСТИТУТИ

КАСИМОВ БАХТИЁРЖОН МУРАТ ЎҒЛИ

**БАТАН ТИШЛАРИНИНГ ИШЧИ СИРТЛАРИГА
МИКРОШАРЧАЛАРНИ ЙЎНАЛТИРИШ (ДРОБ) ОҚИМЛИ ИШЛОВ
БЕРИШ ОРҚАЛИ СТВ РУСУМЛИ ТЎҚУВ ДАСТГОҲИНИНГ ИШ
ҚОБИЛИЯТИНИ ОШИРИШ УСУЛИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**05.02.03 – Технологик машиналар. Роботлар, мехатроника ва
робототехника тизимлари**

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

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.4.PhD/T1960 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Андижон машинасозлик институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Наманган муҳандислик-технология институти ҳузуридаги Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (www.nammti.uz) ва “ZiyoNet” Ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Шин Илларион Георгиевич
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Ахмедходжаев Хамит Турсунович
техника фанлари доктори, профессор

Маматов Алишер Зулунович
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Фарғона политехника институти

Диссертация ҳимояси Наманган муҳандислик-технология институти ҳузуридаги PhD.03/30.12.2019.Т.66.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2022 йил “02” июль соат 9:00 даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 160115, Наманган шаҳри, Косонсой кўчаси, 7-уй. Тел.: (69) 225-10-07, факс: (69) 228-76-75, e-mail: niei_info@edu.uz, Наманган муҳандислик-технология институти 3-биноси, 2-қават, 313-хонаси).

Диссертация билан Наманган муҳандислик-технология институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№ 459-рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 160115, Наманган ш., Косонсой кўчаси, 7-уй. Тел.: (69) 225-10-07.)

Диссертация автореферати 2022 йил “20” июнь куни тарқатилди.
(2022 йил “20” июндаги № 70-рақамли реестр баённомаси).

Р.М.Мурадов

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
раиси, техника фанлари доктори, профессор

Х.Т.Бобожанов

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
илмий котиби, техника фанлари доктори, доцент

Қ.М.Холиков

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги
илмий семинар раиси, техника фанлари доктори, профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD)диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда замонавий машинасозлик илмий-техник ривожланишда етакчи ролга эга бўлиб, жумладан тўқимачилик ва енгил саноат тармоқларини инновацион ўсишининг асосидир. Янги технологияларни жорий этиш ҳисобига тўқимачилик матоларини сифатини оширишга ва тўқимачилик саноатида сифатли тайёр маҳсулот ҳажмини салмоқли оширишга катта эътибор берилмоқда. Дунё миқёсида йилига 108,3 млн. кв.м.дан кўп тўқима матолари ишлаб чиқарилиб, бутун тўқимачилик бозорининг 4 % ини ташкил қилади¹. Қуйидаги хорижий давлатларнинг тўқимачилик саноатлари эътиборга молик ютуқларга эришмоқда; Хитой, Жанубий Корея, Ҳиндистон, Туркия, Италия, АҚШ ва бошқалар. Шу жиҳатдан давлатларда пахта хом ашёсини қайта ишлаш технологиясини мосланувчан автоматлаштирилган бошқариш тизимини яратиш, замонавий талабларга мувофиқ технологик машина ва агрегатларни модернизация қилиш ва энергоресурс тежамкор жиҳозларда юқори тезлик билан хом ашёни қайта ишлаш технологиялари ва янги усулларини ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий тадқиқотлар натижаларини ишлаб чиқаришга жорий этиш муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади².

Жаҳон амалиётида мато ва ипни ҳосил қилишнинг ҳар хил кинетикаси ва тезликларини, ҳамда турли ҳарорат ва намликда ишлов бериш меъёрларини, турли тайёрлов ишларини талаб қилувчи синтетик, табиий ипларнинг ҳилма-хил турларидан кенг ассортиментда матоларни ишлаб чиқариш техника ва технологияларини такомиллаштириш бўйича комплекс илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, тўқимачилик жиҳозларининг (қарийб 2000 турдаги) катта гуруҳи яратилди. Тўқимачилик дастгоҳларининг сифати уларнинг ишончлилиги, такомиллашуви конструктив, технологик ва эксплуатацион усулларга асосланганлиги билан белгиланади. Шунингдек, тўқув дастгоҳларининг механизмларини такомиллаштириш, технологик жараёнларни автоматлаштириш, дастгоҳнинг иш унумдорлигини ошириш ва сифат кўрсаткичларини яхшилаш муҳим вазифалардан ҳисобланади.

Республикада тўқимачилик саноатини ривожлантириш борасида кўплаб тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Жумладан, тўқув маҳсулотлари ассортиментларини ошириш, жиҳоз ва хом ашёларни маҳаллийлаштириш, ишлаб чиқарувчиларнинг экспорт салоҳиятини оширишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...миллий иқтисодиётнинг рақобатбардошлигини ошириш, ...замонавий ахборот-коммуникацион технологияларни тадбиқ этиш...» вазифалари белгилаб берилган³. Ушбу вазифаларини амалга оширишда, жумладан, иқтисодиётни ислохот қилиш, тўқимачилик ва тикув-трикотаж саноатларини модернизациялаш,

¹ <https://data.world/imf/international-financial-statis>

² <http://www.fao.org/faostat/#>

³ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони.

диверсификация қилиш ва динамик ривожлантириш, ташқи бозорларнинг эҳтиёжи бор экспортга йўналтирилган тайёр маҳсулотнинг рақобатбардош ассортиментини ва ишлаб чиқариш хажмини ошириш муҳим аҳамиятга эга.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 5 майдаги ПФ-5989-сон «Тўқимачилик ва тикув-трикотаж саноатини қўллаб-қувватлашга доир кечиктириб бўлмайдиган чора-тадбирлар тўғрисида»ги Фармони ва 2019 йил 12 февралдаги ПҚ-4186-сон «Тўқимачилик ва тикув-трикотаж саноатини ислоҳ қилишни янада чуқурлаштириш ва унинг экспорт салоҳиятини кенгайтириш чора-тадбирлари тўғрисида», 2019 йил 16 сентябрдаги ПҚ-4453-сон «Енгил саноатни янада ривожлантириш ва тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқаришни рағбатлантириш 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 йўналишларга мослиги. Диссертация иши бўйича тадқиқотлар фан ва технологиялар ривожланишининг II «Энергетика, энергия ва ресурс тежамкорлик» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.

Тўқув дастгоҳларида бажариладиган технологик жараёнлар, ишлаб чиқарилган тўқималарнинг тузилиши, уларни лойиҳалаш ва тахтлаш кўрсаткичларини оптималлаштиришни тадқиқ қилиш бўйича ҳорижда Е.М.Тrent, Х.Орpits, Р.Т.Сary (АҚШ), К.Sungshing (Хитой), I.Fredrych (Полша), L. М.Нyung (Хитой), М.Мatusaik (Япония), М.М.Саверин, Б.А.Кравченко, Д.Д.Папшев, А.А.Маталин, В.К.Старков, А.М.Сулима, А.Г.Суслов (Россия) ва бошқалар шуғуллаган. Тўқимачилик машиналарини лойиҳалаш, уларнинг ишончлилиги ва чидамлилигини ошириш масалалари бўйича тадқиқотлар М.И.Худых, А.И.Макаров, Л.К.Сизенов, С.И.Беленький, К.М.Гладков, А.В.Дицкий, К.М.Пирогов, Б.А.Вяткин ва бошқалар томонидан ўтказилган.

Республикада патхани қайта ишлаш ва тўқув дастгоҳларининг ишчи органлари деталларининг мустаҳкамлик хусусиятларини таъминлаш бўйича ҳамда тўқима ишлаб чиқариш параметрларини оптималлаштириш бўйича юртимиз олимларидан Р.Г.Маҳкамов, Э.М.Абдул-Раззақов, М.Г.Хамов, А.П.Рогов, И.Г.Шин, А.М.Ахмедов, Е.Ш.Алимбаев, Х.А.Алимова, Ф.А.Велиев, О.А.Ахунбабаев, А.Д.Даминов, С.А.Ҳамраева, Ғ.Н.Валиев, П.С.Сиддиқов, Б.Х.Баймуратов, Д.Н.Қодирова, Б.К.Хасанов, С.С.Рахимходжаев ва бошқалар салмоқли ҳисса қўшган.

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

Диссертация тадқиқоти Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти илмий тадқиқот режасининг ИОТ-2013-5-28 “Пахтани дастлабки ишлаш машиналари жавобгар деталларини юза қатламини микрошарча билан динамик мустаҳкамлашдан сўнг квалиметрия бўйича ишга лаёқатлилигини ошириш ва

узоқ вақтга чидамлилигини башорат қилиш” мавзусидаги лойиҳаси доирасида бажарилди.

Тадқиқотнинг мақсади: СТБ дастгоҳидаги батан механизмининг ишчи сиртларига микрошарчаларни йўналтириб ишлов бериш орқали унинг эксплуатацион кўрсаткичларини яхшилашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

тўқув дастгоҳи деталларининг чидамлилигини оширишнинг технологик усулларини, сиртларини пластик деформациялаш орқали мустаҳкамлашнинг асосий усулларини таҳлил қилиш ва батан механизмининг тишларини мустаҳкамлигини оширишда микрошарчалар оқимини қўлланилишини асослаш;

бир нуқтага йўналтирилган ва тақсимланган кучлар таъсирида деталларнинг сирт қатламларидаги кучланганлик-деформациянинг ҳолатини аналитик аниқлаш;

дастгоҳларнинг муҳим деталларига яқунловчи ишлов беришда сирт қатламининг асосий сифат параметри бўлган мустаҳкамланган қатлам чуқурлигини аниқлаш учун назарий ечимини асослаш;

батан тишларининг сирт қатламларини ейилишга юқори чидамлилигини таъминловчи микрошарча оқимли ишлов беришнинг рационал технологик режимини аниқлаш;

бир қатор геометрик параметрлар билан ифодаланувчи батан тишларининг контакт сиртларининг сифатини замонавий усуллар ёрдамида аниқлаш;

батан механизм тишларини микрошарчалар билан динамик мустаҳкамлаш технологияси самарадорлигини ва амалий аҳамиятини ишлаб чиқариш шароитларида аниқлаш.

Тадқиқот объекти сифатида СТБ русумли тўқув дастгоҳининг батан механизми олинган.

Тадқиқотнинг предмети батан механизми, механизмнинг ишчи тишлари, микрошарчалар, оқимли ишлов бериш механизми, тишларнинг сирт қатламлари сифатини технологик таъминлаш ускунаси ташкил қилади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида назарий ва амалий механика, эластиклик ва пластиклик назариялари, қаттиқ жисмлар физикасининг дислокациялар назарияси усуллари ҳамда атом-кучи микроскопияси усуллари ҳамда мавжуд меъёрий хужжатларда белгиланган усуллардан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

мураккаб профилга эга бўлган батан тишларининг ички контакт сиртларини мустаҳкамлигини оширишда микрошарчаларни оқимли ишлов бериш усули қўлланилган ҳамда тишларни микрошарча (дроб) оқими билан мустаҳкамлаш мумкинлиги асосланган;

микрошарчанинг диаметрига, унинг тезлигига ва ишлов берилаётган материалнинг оқувчанлигига қараб, микрошарчалар орқали мустаҳкамланган чуқурликни математик модели олинган, микрошарча оқими билан ишлов берилгандаги изнинг d диаметри ва ε нисбий деформацияланиши тезликни тикланиш коэффициентига боғланиши топилган;

каттик сферик заррача таъсирида ишлов берилаётган материалнинг таркибий қисмлари ва физик-механикавий хусусиятларини ҳисобга олган тўлиқ энергия балансининг схемаси ишлаб чиқилган ҳамда аналитик тенгламалар бўйича аниқлаш асосланган;

батан тишларининг ейилиш сабаблари атом-кучи микроскопияси ёрдамида батан тишларида чуқурлик 1,04 мкм кенглиги 5 мкм бўлган толиқиш ёриқлари мавжудлиги ҳамда батан тишларининг мустаҳкамланган сиртларининг тавсифлари $R_{\min}=1,25$ мкм $R_{\max}=3,85$ мкм эканлиги аниқланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

контакт сиртларни ейилишга чидамлилигини оширувчи ва сирт қатламда қаттиқликни ҳосил қилувчи батан механизми тишларини микрошарчалар оқимли ишлов бериб деформациянинг мустаҳкамлашнинг самарадорлиги асосланган;

микрошарчаларни ишлов берилаётган муҳитдаги ҳаракат тенграмаси асосида аниқланадиган зарб кучи P (нормал босиш кучи) ва контакт сиртдаги оқишни ўртача босими (оқувчанлик чегараси) ўзгармас деб қабул қилингандаги пластик из параметрлари орқали мустаҳкамлик чуқурлиги h_n ни аниқлаш учун боғланиш назарий йўл билан топилган;

куч бирлиги таъсирида ҳосил бўладиган нормал кучланиш $\sigma_1 = \sigma_z$ сирт қатламининг чуқурлиги z бўйлаб ўзгариш қонунияти аниқланган. Сирт қатламининг чуқурлиги 0,03 дан 0,05 гача ўзгарганда кучланиш σ_1 530,8 дан 191,0 Н/мм² гача яъни 2,78 га камайган;

материал сиртига каттик сферик заррача урилгандаги тўсиқ материалга таалуқли энергиянинг ташкил этувчиларини ҳисобга олувчи тўлиқ энергетик баланс схемаси тузилган ва кенгайтирилган;

батан тишларини ейилган сиртларининг топографияси ўрганилиб, ейилиш жараёнида батан тишининг қисмини тўғри чизикли сиртдан эгри чизикли сиртга ўзгариши (трансформацияланиши) ўрганилган. Атом-кучи микроскопияси ёрдамида батан тишларида чуқурлиги 1,04 мкм кенглиги 5 мкм бўлган толиқиш ёриқлари мавжудлиги аниқланган;

СТБ1-180 тўқув дастгоҳида ишлаб чиқариш шароитларида микрошарчалар билан сиртлари динамик мустаҳкамланган батан тишлари ва уларни мустаҳкамлаш технологияси синовлар ўтказилиб қуйидагилар аниқланди: Россияда ишлаб чиқарилган микрошарчалар билан мустаҳкамланган батан тишларининг чидамлилиги 1,25...1,5 марта мустаҳкамланмаган тишларга нисбатан юқори бўлган. Хитойда ишлаб чиқарилган мустаҳкамланган батан тишларининг чидамлилиги мустаҳкамланмаганларга нисбатан 8,5 марта ортиқ бўлган;

микрошарчалар оқими билан мустаҳкамланган батан тишларини ишлаб чиқариш корхонасидаги СТБ1-180 дастгоҳнинг батан механизмининг мустаҳкамланган тишларини жорий этиш натижасида 108586,6 минг. сўм иқтисодий самарадорликка эришилди.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги микрошарча ва мустаҳкамланаётган сиртнинг ўзаро динамик контакт таъсирини аналитик ифодалаш учун математик ва физик моделларни асосланган танлови, назарий ва

тажрибавий тадқиқотларни бир-бирига мослиги, макрошарча оқимли ишлов бериш орқали мустаҳкамланган батан механизмининг тишларини синов натижалари ва жорий этиш билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Натижаларнинг илмий аҳамияти нитроцементланган сирт қатламли батан тишларини микрошарчалар оқими орқали сиртли деформациянинг мустаҳкамланиш эффекти топилганлиги билан изоҳланади.

Бажарилган тадқиқотларнинг амалий аҳамияти батан механизмининг тишининг ички мураккаб шаклли сиртларини микрошарчалар оқими орқали мустаҳкамлашни асослаш ва жорий этиш, мустаҳкамланган батан тишларининг иш қобилиятини сезиларли ортиши ва ишлаб чиқарилаётган матонинг сифати ортиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Батан механизмининг тишларига микрошарча оқими билан ишлов бериш усулини ишлаб чиқиш бўйича бажарилган илмий ва амалий натижаларига асосида:

микрошарчалар оқими билан ишлов бериб усулида мустаҳкамланган батан тишлари «ASHURBEK TEXTIL» MCHJ да ишлаб чиқаришга жорий қилинган (Ўзбекенгилсаноат уюшмасининг 2021-йил 20 октябрдаги №03/03-2962 сонли маълумотномаси). Натижасида 1,25...1,5 марта батан тишларининг чидамлилиги ва эксплуатацион ишончилиги ошишига эришилган.

Тадқиқот натижаларининг абробацияси. Тадқиқот натижалари 5 та халқаро ва 2 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 20 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган нашрларда 7 та мақола, жумладан, 2 таси республика ва 5 таси хорижий журналларда нашр қилинган.

Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, умумий хулосалар, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 142 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати асосланган, мақсади ва вазифалари, шунингдек, тадқиқот объекти ва предмети шакллантирилган, тадқиқотнинг республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг муҳим йўналишларига мослиги, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалар баён этилган, олинган натижаларнинг ишончилиги асосланган, тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти ёритилган ҳамда амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Тўқимачилик машиналарининг ишончилиги ва иш қобилиятини ошириш усуллари”** деб номланган биринчи бобида технологик машиналар ишчи органларининг ишчи деталларини юқори

чидамлилиги ва иш қобилиятини таъминлашда технология ролига эътибор қаратиб ишончли ва чидамли машиналарни яратишнинг асосий принциплари кўриб чиқилган. Тўқимачилик машиналар деталларининг ишончилигини ошириш технологик усуллари таҳлили ўтказилиб, сирпаниш ишқаланиши ва циклик ўзгарувчан юкламалар шароитида буюмларнинг чидамлилигини оширувчи деталлар сирт қатламида сиқувчи қолдиқ кучланишлар ва мустаҳкамланган сиртни ҳосил қилувчи пластик деформациялаш усули энг самарали эканлиги аниқланган.

Тишлари ип ўтказувчи кичик мокини сирпаниши шароитларида жадал ейиладиган СТБ русумли мокисиз тўқув дастгоҳининг асосий механизмларидан бири бўлган батан механизмнинг эксплуатацион ишончилиги ва иш қобилияти йўқолишининг асосий сабаблари кўриб чиқилган сифатли махсулот чиқарувчи технологик жихозни барқарор ишлашини таъминлаш ва ейилишга чидамлилигини ошириш учун батан механизми тишларининг контакт сиртларини микрошарчалар билан динамик мустаҳкамлаш усули қўлланилиши илмий асосланган.

Дисертациянинг **“Микрошарчалар билан сиртлар динамик пластик деформациялангандан сўнг батан механизмнинг йўналтирувчи тароқ тишларининг контакт сиртларининг ҳолатини назарий тадқиқотлаш”** деб номланган иккинчи боб батан тишлари микрошарча оқими билан мустаҳкамлангандаги чуқурлигини назарий аниқлаш ва микрошарчалар билан динамик мустаҳкамлашда деталлар сирт қатламларининг кучланганлик-деформациянинг ҳолатини аналитик тадқиқотига бағишланган.

Машинасозлик ишлаб чиқаришида технологик ва кенг қўлланиладиган сирт пластик-деформациялаш йўли билан мустаҳкамлаш усулларида қуйидаги микрошарча оқими орқали динамик мустаҳкамлаш усуллари ҳисобланади: Микрошарча отиш, ҳаво оқими орқали йўналтирилган микрошарча, суюқлик оқими орқали йўналтирилган микрошарча, ҳаво-суюқлик оқими орқали йўналтирилган микрошарча, ультра товуш, микрошарчалар билан мустаҳкамлаш, вибро мустаҳкамлаш.

Сиртларни пластик деформациялаш усулларида микрошарчалар орқали мустаҳкамлаш қатор афзалликларга эга, биринчидан деталларнинг мураккаб участкалари ва фасон сиртларини мустаҳкамлаш имконияти рўёбга чиқади, бошқа статик усуллар ёрдамида мустаҳкамлашни амалга ошириш деярли мумкин эмас. Бунда сиқувчи қолдиқ кучланишларнинг эпюрасидаги максимал қиймат детални сиртига тўғри келади, бундай ишлов бериш натижасида бошланғич ғадир-будурлик сезиларли камаяди ($R_a=0,63\dots 0,16$ ики гача).

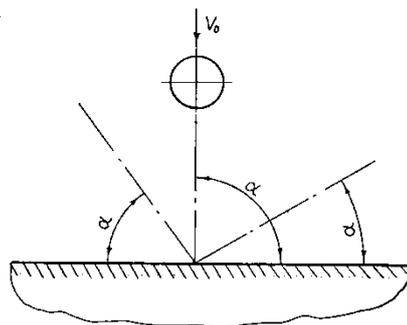
Шундай қилиб, батан тишларининг шакли мураккаб бўлганлигини ва унинг иш қобилиятининг асосий мезони бўлган ейилишга чидамлилигини таъминлаш зарурлигини инобатга олиб, ишлов бериш сиртига сиқилган ҳаво оқими билан ҳаво оқими орқали йўналтирилган микрошарчаларни (пневмодроб оқимли) йўли билан динамик мустаҳкамлаш технологиясини ишлаб чиқиш керакдир.

Микрошарча билан машина деталларини динамик мустаҳкамлаш учун ишлов бериш асосий маромларининг параметрларига қуйидагилар киради;

микрошарчанинг диаметри D ёки массаси m ; микрошарчанинг тезлиги v_0 ; сиқилган ҳаво босими p ; ишлов бериш вақти t ; оқимнинг нисбий зичлиги q ва микрошарчанинг нисбий сарфи Q .

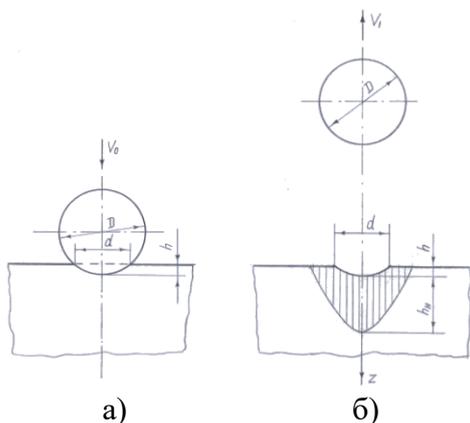


1-расм. СТБ тўқув дастгоҳининг батан механизмини батаннинг тиши.



2-расм. Турли ишлов бериш бурчаклари α қийматлари учун микрошарча ва ишлов берилётган сиртнинг ўзаро таъсири.

Микрошарча билан ишлов берилётган сиртга урилгандаги (2-расм) ўзаро боғланиш таъсирининг хусусий ҳоллар масалаларининг ечиш учун бир қатор шартлар қабул қилинган ва улар схемалаштирилган.



3-расм. Микрошарча оқимли ишлов беришдаги бир контактнинг схемаси:

а) Диаметри D бўлган микрошарча ва ишлов берилётган сиртнинг (d , h -пластик изнинг диаметри ва чуқурлиги) эластик-пластик ўзаро таъсири; б) урилатган микрошарча қайтишида қалинлиги h_n бўлган мустаҳкамланган қатламни шаклланиши

Микрошарча орқали мустаҳкамланаётган сиртга урилгандаги контакт ўзаро таъсир деформацияланиш ўчоғини ҳосил бўлишига олиб келувчи локал деформациянинг жараён билан тавсифланади (3-расм). Натижада d диаметрли чуқурча шаклидаги пластик из ҳосил бўлади, уни ҳосил бўлиши кучланишлар жадаллиги σ_i ишлов берилётган материалнинг динамик оқим чегарасидан $\sigma_{т.д}$ катта эканлигидан далолат беради ($\sigma_i \geq \sigma_{т.д}$).

Эътиборга моликки, микрошарча 10...12 марта урилгандан сўнг изни диаметри ўсиши тўхтайтиди ва биринчи зарбдаги d_1 га нисбатан турли ишлов бериш шароитлари учун ўртача (1,25...1,55) d_1 ташкил этади.

Микрошарчалар билан динамик мустаҳкамлашдаги деталларнинг сирт қатламининг деформациянинг ҳолати сиртнинг пластик деформацияланиш даражаси билан аниқланади, сиртнинг пластик деформацияланиш даражаси деганда ҳосил бўлган чуқурчанинг d диаметрини сферик индентор D диаметрига нисбати $\epsilon = d/D$ тушунилади, конструкцион пўлатлар учун $\epsilon = 0,3 \dots 0,7$. Маълум бўлган ϵ учун ифодаларга аниқлик киритиш билан сиртни деформацияланиш даражаси ва пластик из (чуқурча) ва пластик из чуқурча диаметри d учун қуйидаги боғланишлар аниқланди.

$$\varepsilon = \sqrt[4]{\frac{(1-k^2)W_0}{0.17HB \cdot D^3}}, d = \sqrt[4]{\frac{D(1-k^2)W_0}{0.1 \cdot HB}}, \text{ мм} \quad (1)$$

бу ерда W_0 – микрошарчанинг бошланғич кинетик энергияси, Дж;

HB – ишлов берилаётган материалнинг Бринелл бўйича қаттиқлиги;

D – микрошарчани диаметри, м;

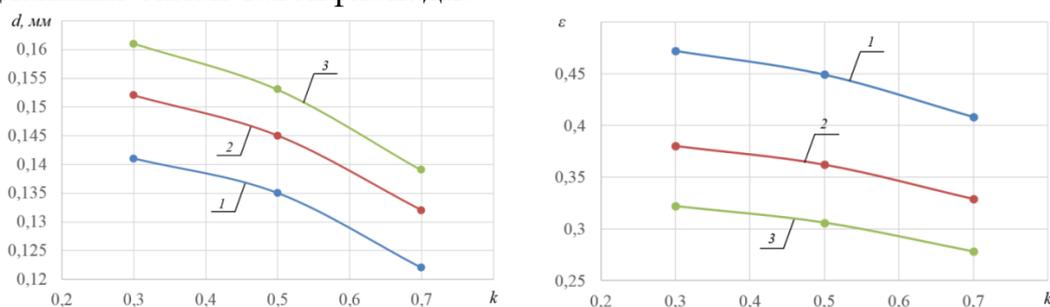
k – зарб тезлигини қайта тикланиш коэффициентини;

$1-k^2$ – зарбли кинетик энергияни нисбий йўқолиш коэффициентини.

Кўрсатилган формулаларни (1) олишда қаттиқлиги HB 300 бўлган металллар ва қотишмалар учун материалнинг динамик қаттиқлигини H_D бринелл бўйича қаттиқлик билан ўзаро боғлиқлиги бринелл бўйича $H_D = 1,7 \cdot HB$ эътиборга олинган ҳамда сирт қатламидаги кучланганлик-деформациянинг ҳолат тўлиқ бошланғич кинетик энергия W_0 билан эмас балки $(1-k^2)$ ифодаси асосида тезликни қайта тикланиш коэффициентини орқали аниқланадиган қисми билан ҳосил қилиниши инобатга олинган.

4-расмда бошланғич кинетик энергия W_0 бирлиги учун ўрта ва юқори тобланган пўлатларга микрошарчалар билан ишлов берганда ҳосил бўладиган чуқурча диаметри d ва нисбий деформация ε ларни ўзгариш графиклари келтирилган.

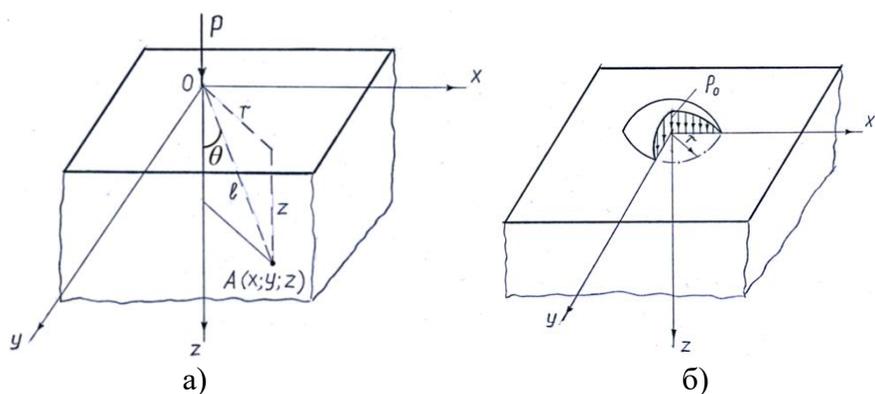
Тезликни қайта тикланиши k қийматларига боғлиқ ҳолда микрошарча диаметри $D=0,3$ дан $0,5$ ммга оширилганда пластик деформацияланган изнинг диаметри d , $3,3 \dots 14,2\%$ атрофида ортиши аниқланди. Коэффициенти k қийматларига кўра нисбий сирт деформацияси ε микрошарчанинг диаметри ортиши билан сезиларли $31,8 \dots 32,1 \%$ га камаяди. Диаметри $D=0,3$ мм бўлган микрошарчалар билан ишлов берилгандаги нисбий деформация ε жадал бўлиши зарб кучи контакт сирти кичик бўлганлиги сабабли кўпроқ тармоқланиши билан тавсифланади.



4-расм. Қаттиқлиги HB 400 бўлган конструкцион пўлатга микрошарча оқими билан ишлов берилгандаги изнинг d диаметри ва ε нисбий деформацияланганлик тезликни тикланиш коэффициентига боғланиши HB 400:

1- $D = 0,3$ мм; 2- $D = 0,4$ мм; 3- $D = 0,5$ мм

Микрошарчалар билан ишлов беришда мустаҳкамланган деталнинг сирт қатламида ҳосил бўладиган кучланганлик ҳолат юкланишнинг 2 тури учун аналитик ўрганилган: 1) бир нуқтага йўналтирилган куч P билан (5, а-расм). 2) ярим чексиз жисм чегарасидаги сферик сирт координаталарига пропорционал бўлган доиравий контакт юза бўйлаб тақсимланган куч p_0 (5, б-расм).



5-расм. Бир нуқтага қўйилган куч P (а) ва ярим чексиз жисм чегарасига қўйилган тақсимланган куч ρ_0 (б) билан юкланганлик натижасида ҳосил бўладиган кучланганлик ҳолатнинг ҳисоб схемаси.

Бир нуқтага қўйилган куч таъсир этганда ярим чексиз жисмдаги кучланишлар компонентлари қуйидаги формулалар билан ҳисобланилади:

$$\sigma_z = -\frac{3}{2} \cdot \frac{P}{\pi} \cdot \frac{z^3}{l^5}; \quad \sigma_r = -\frac{P}{2\pi} \left[\frac{1-2\mu}{l(l+z)} - \frac{3zr^2}{l^5} \right]; \quad \sigma_\theta = -\frac{P}{2\pi} (1-2\mu) \left[\frac{z}{l^3} - \frac{1}{l(l+z)} \right]; \quad \tau_{rz} = -\frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{z^2 r}{l^5} \quad (2)$$

Бир нуқтага қўйилган куч сиртга нормал йўналишда қўйилганда кучланишлар жадаллиги σ_i максимал қийматга эга бўлиб z ўқида жойлашади ва йўналиши қўйилган куч P йўналиши билан бир хил бўлади. Юкланиш характери ўққа нисбатан симметрик бўлганлиги учун z ўқида жойлашган нуқталар учун ($l=z$) кучланишлар компонентлари қуйидаги формулалар билан аниқланади:

$$\sigma_z = -\frac{P}{2\pi} \cdot \frac{3}{z^2}; \quad \sigma_x = \sigma_y = -\frac{P}{2\pi} \left(\frac{1-2\mu}{2z^2} \right) \quad (2, a)$$

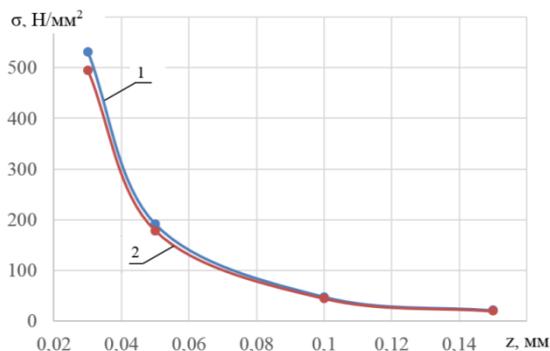
Z ўқида жойлашган нуқталар учун уринма кучланишлар 0 га тенг бўлганлиги сабабли кучланишларнинг уччала компонентлари асосий бўлади $\sigma_1 = \sigma_z$; $\sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_x = \sigma_y$. Шунинг учун ушбу ҳолатда кучланишлар жадаллиги $\sigma_i = |\sigma_1 - \sigma_2|$ ифода билан аниқланади, математик ишлов беришдан сўнг ушбу ифода қуйидагича бўлади.

$$\sigma_i = \frac{P}{2\pi z^2} \left(3 - \frac{1-2\mu}{2} \right) \quad (3)$$

P кучни бирлиги таъсирида ҳосил бўладиган нормал кучланиш σ_1 сирт қатламининг чуқурлиги z бўйлаб ўзгариш қонунияти аниқланган. Қуйидаги шароитларда z чуқурлиги бўйлаб σ_1 кучланишларни кескин камайиши кузатилган: сирт қатламининг чуқурлиги 0,03 дан 0,05 гача ўзгарганда кучланиш σ_1 530,8 дан 191,0 Н/мм² гача (5-расм) яъни, 2,78 камайган. Бунда нормал кучланишлар $\sigma_2 = \sigma_3$, σ_1 нисбатан 10 ва ундан ортиқ марта кам бўлган, бу ҳолат σ_i кучланишларни ҳисоблашда акс этади. Унинг абсолют қиймати σ_1 кучланишдан (5-расм) катта фарқ қилмайди, бу фарқ 6,7% ортмайди, натижада

эластик-пластик деформацияланиш масалаларини ечишда амалиётда кучланишлар жадаллиги ўрнига асосий кучланиш σ_1 қийматини олиш мумкин.

Доиравий контакт юза бўйлаб тақсимланган куч ρ_0 таъсир этгандаги кучланишлар жадаллиги қуйидаги формула билан аниқланади.



6-расм. z Сирт қатламни чуқурлигига боғлиқ холда асосий кучланиш σ_1 (1) ни ва кучланишлар σ_i (2) жадалликларини ўзаро таққослаш

$$\sigma_i = \rho_0 \left\{ \frac{1}{1 + \left(\frac{z}{r}\right)^2} - \left[(1 + \mu) \frac{0.5}{1 + \left(\frac{z}{r}\right)^2} + (1 + \mu) \frac{z}{r} \arctg \frac{r}{z} \right] \right\} \quad (4)$$

бу ерда, $\rho_0 = \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{\pi r^2}$ изнинг марказидаги босим,

Н/мм²;

P – микрошарча ва детал контактдаги статик куч, Н;

μ – Пуассон коэффициенти;

r – пластик изнинг радиуси, мм.

Пластик деформацияланган изнинг ўлчами $d=2r$ (3-расм) билан

боғлиқ бўлган ва мустаҳкамлаш

чуқурлигига таъсир этувчи микрошарчани материалга кириш кучи P контакт сиртларидаги материалга киришга қарши турувчи ўртача босим ёки оқувчанлик ўртача босими (оқувчанлик чегараси σ_T) ўзгармас деб қабул қилинганлик шarti билан аниқланган. Бунда деформацияланмайдиган сферик инденторни мустаҳкамланаётган металл сиртга урилиш жараёни шарчани ишлов берилаётган муҳитда ҳаракатланиш тенгламасидан ва пластик изнинг параметрларидан келиб чиқадиган қуйидаги боғланишлар билан ифодаланади:

$$P = \pi \rho_0 r^2 = -m \frac{d^2 h}{dt^2}, \quad (5)$$

бу ерда ρ_0 – оқувчанлик босими, $\rho_0 = \text{const}$ ва $\rho_0 = \sigma_T$; m – сферик индентор массаси.

Пластик изнинг радиуси $r=d/2$, сферик индентор радиуси $R=D/2$, изни чуқурлиги h ($r^2 = 2Rh - h^2$) ва ўзаро боғлиқлигини ҳисобга олиб ва h^2 қийматини D га нисбатан жуда кичик бўлганлиги сабабли инобатга олмасдан шарчани ишлов берилаётган муҳитдаги ҳаракатланиш тенгламаси қуйидагича ифодаланади.

$$P = 2\pi \sigma_T R h = -m \frac{d^2 h}{dt^2} \text{ ёки } \frac{d^2 h}{dt^2} + \frac{D\pi \sigma_T}{m} h = 0 \quad (6)$$

Бу (6) тенгламани ечими изнинг чуқурлигини беради, унинг максимал қиймати

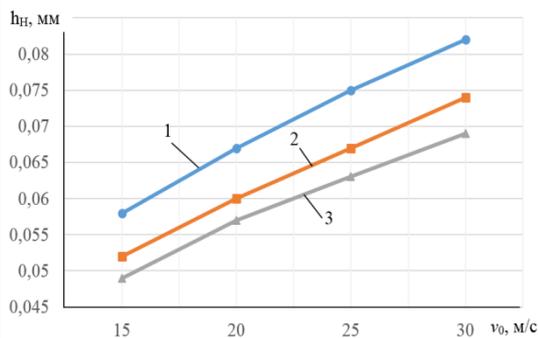
$$h = v_0 \sqrt{\frac{m}{\pi D \sigma_T}}, \text{ мм} \quad (7)$$

бўлади, бунда зарб кучи P , m масса зарб кучи, зичлик ρ_m ва хажм V орқали ифодаланганда қуйидаги формула билан аниқланади

$$P = \pi D^2 v_0 \sqrt{\frac{\rho_m \sigma_T}{6}}, \text{ Н} \quad (8)$$

Ушбу боғланиш (8) ва С.Г.Хейфицнинг маълум формуласи ёрдамида ўзгартиришлардан сўнг изнинг чуқурлиги h_H ни назарий аниқлаш формуласи топилган.

$$h_H = D^4 \sqrt{\frac{\pi^2 v_0 \rho_m}{24 \sigma_T}}, \text{ мм} \quad (9)$$



7-расм. h_H эзилиш чуқурлигининг v_0 микрошарча тезлигига σ_T оқим чегараси турли қийматлар учун боғлиқлиги:

1 – 500 Н/мм², 2 – 800 Н/мм²,
3 – 1000 Н/мм².

7-расмда мустаҳкамлаш чуқурлигининг h_H ҳисобий қийматларини v_0 тезликларга ва конструкцион, асбобсозлик вазифаларини бажарувчи углеродли ва асбобсозлик пўлатларнинг катта гуруҳига мос келувчи σ_T оқувчанлик чегараларига боғлиқлик графиклари кўрсатилган. Бунда қуйидаги ҳолатларда мустаҳкамлаш чуқурлиги $h_H = 0,058$ мм бўлади: $D = 0,3$ мм, $v_0 = 15$ м/с, $\rho_m = 7,8$ г/см³, $\sigma_T = 500$ Н/мм². Бу h_H қиймати қабул қилиниши мумкин бўлиб микрошарча орқали оқимли мустаҳкамлаш таснифига мос келади. Аниқланган, микрошарчанинг уриш

тезлиги v_0 ўсиши билан мустаҳкамлаш чуқурлиги h_H оқувчанлик чегарасига $\sigma_T = 500-1000$ Н/мм² боғлиқ ҳолда 40,8 - 42,3% дивизионда аста секин ортади (7-расм). $\sigma_T = 500$ Н/мм² бўлганда мустаҳкамлаш чуқурлиги h_H 0,058 мм дан 0,082 мм гача ортади, агар $\sigma_T = 800$ Н/мм² – бўлса $h_H = 0,052$ дан 0,074 мм гача, агар $\sigma_T = 1000$ Н/мм² бўлса $h_H = 0,049$ дан 0,069 мм гача ортади. Ушбу натижалар мустаҳкамлаш чуқурлигини экспериментал тадқиқотлаш маълумотлари билан, жумладан бошқа тадқиқотчилар натижалари билан таққосланганда ҳисобий ва экспериментал маълумотларнинг нисбий хатолиги 10% ортиқ бўлмади, яъни машинасозлик ишлаб чиқаришда технологик жараёнларни лойиҳалашда ҳисоблаш амаллари учун фойдаланилади.

Диссертациянинг «Батан тишларининг сирт қатламлари ҳолатини микрошарча орқали оқимли ишлов беришдан кейин ва эксплуатация ва маълум эксплуатация муддати ўтгандан сўнг экспериментал тадқиқотлаш» номли 3-бобида сирт қатламнинг сифатини (мустаҳкамлаш чуқурлиги ва даражаси, сирт ғадир-будурлиги) тадқиқотлаш натижалари, микрошарчалар оқими билан ишлов берилгандан сўнг ва эксплуатация натижасида чегаравий ҳолатга етган батан тишларининг ейилган участкалари топографияси келтирилган.

Батан тишларини микрошарчалар орқали ишлов бериш бўйича тажрибавий тадқиқотлар Тошкент механика заводида тайёрланган ва ишлатилаётган

қурилмада (қум оқимли камерада) амалга оширилди. Қум оқимли камеранинг ишчи фазоси 120/60/60 см; $p=4...6$ атм ҳаво босими кучланиши $U=380$ вольт, қуввати $P=22$ кВт бўлган электро двигател ёрдамида ишловчи компрессор билан ҳосил қилинади. Мураккаб шаклга эга бўлган деталларни батан тишларини мустаҳкамлаш учун болтлар билан маҳкамланувчи иккита пластинадан иборат бўлган махсус маҳкамловчи мослама тайёрланди (9-расм). Батан тишларининг ишчи сиртларини динамик деформациянинг мустаҳкамлаш учун 0,3...0,4 ммли қуйма пўлат микрошарчалари қўлланилди; сиқилган ҳаво босими $p=4...6$ атм; дастак сопласидан мустаҳкамланаётган сиртгача масофа 15...20 см.



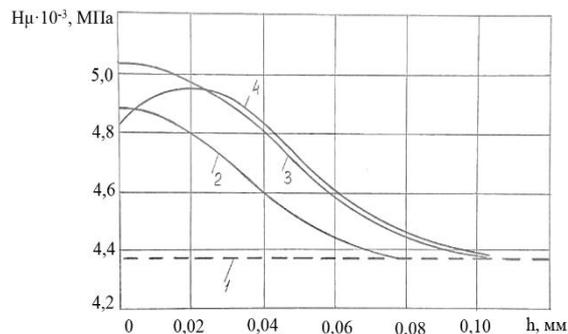
8-Расм. Машина деталларига микрошарча оқими орқали ишлов бериш учун қўлланиладиган қум оқимли камера кўринишдаги технологик жиҳоз.



9-Расм. Микрошарчалар билан мустаҳкамловчи абразив зарра оқим пистолети ва батан тишларини маҳкамловчи мослама.

Тажрибавий тадқиқотлар мустаҳкамлаш чуқурлиги h_n ва даражаси U микрошарчалар билан ҳаво орқали пуркаш вақти ортганлигини кўрсатди (10-расм). Бунда ҳаво орқали пуркаш вақти $t=2$ дан 4 мингача ортганда мустаҳкамланиш чуқурлиги ва даражаси ортди: $t=2$ мин бўлганда $N_\mu = 4880$ МПа ва $h_n=0,078$ мм бўлганда $t=4$ мин $N_\mu = 5050$ МПа ва $h_n=0,12$ мм бўлди.

Мустаҳкамланишнинг максимал даражасига $U=15,6$ % ҳавони пуркаш вақти $t=4$ мин бўлганда тажриба ўтказилди (ҳаво босими $p=5$ атм, микрошарча диаметри $D=0,3...0,4$ мм). Микрошарча оқимли ишлов беришнинг ушбу режимда мустаҳкамланган қатламнинг h_n чегаравий қалинлигига (0,12 мм атрофида) етказилди, бу қалинлик батан тишларини нитроцементацияланган қатламининг қалинлиги билан деярли бир хилдир.

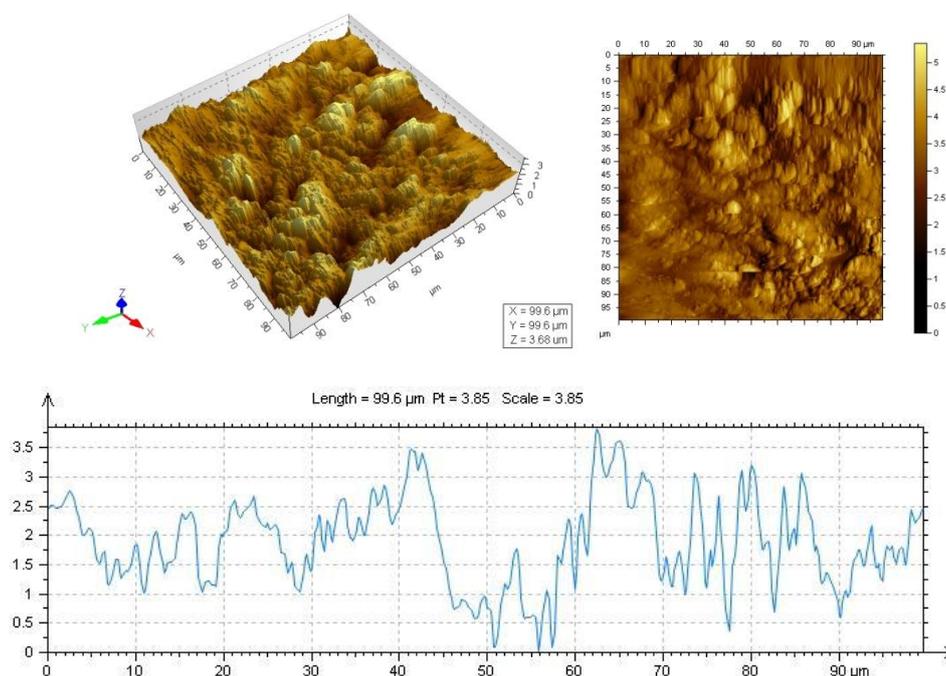


10-Расм. Пуркашнинг турли вақтлари учун батан тишининг (сталь 20) нитроцементлаштирилган сирт қатлами h чуқурлиги бўйлаб микрокаттиқлигининг тақсимланиши N_μ : 1 – мустаҳкамланишгача; 2 – $t=2$ мин; 3 – 4 мин; 4 – 6 мин

Ишлов бериш вақтини (6 дан мин ортиқ) ва сиқилган ҳаво босимини $p > 5$ атм ошириш мақсадга мувофиқ эмас чунки бунда сирт қатлам пластиклик захираси тугаб қолиши натижасида мўртлашади. Бунда сиртдаги

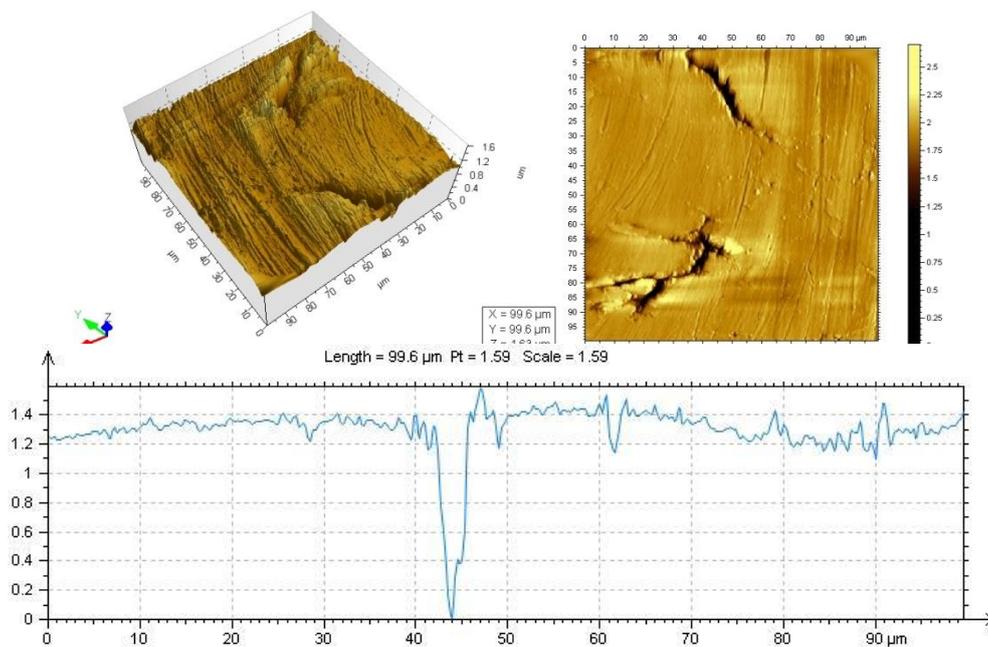
микроқаттиқлик H_c пасаяди ва унинг максимуми паст қатламга силжийди (юқори қатлам остига).

ЎзР ФА Полимерлар-химияси ва физикаси институтининг илмий лабораторияси шароитларида батан тишларининг ишчи сиртларининг микропрофили ҳолатини ва уни эксплуатация жараёнида трансформацияланишини ўрганиш мақсадида Agilent 5500 AFM русумли сканерловчи зонтли микроскопга асосланган атом-кучи микроскопияси қўлланилди. Сканерловчи зонтли микроскопларда сиртнинг микроръелефини тадқиқотлаш игна шаклидаги махсус зонтлар ёрдамида амалга оширилади, зонтларнинг ишчи қисми (қирраси) замонавий микроскопларда 1...5 нанометр радиусга эгадир, улар фотолитография ва кислотали ишлов бериш усуллари ёрдамида кремни пластиналаридан тайёрланади (легиранган кремний SiO_2 ёки Si_3N_4).



11-расм. Россияда ишлаб чиқарилган мустаҳкамланган батан тишларининг ишлатилмаган сиртларининг тавсифлари.

11, 12 - расмларда батан тишларининг ишчи сиртларини атом-куч микроскопия усули ёрдамида амалга оширилган экспериментал тадқиқотлар натижалари келтирилган.



12-расм. Россияда ишлаб чиқарилган мустаҳкамланган батан тишларининг ейилган сиртларининг тавсифи 1021 соат ишлатилгандан кейин.

11-расмда 99,6 мкм бўлган база узунликдаги сиртнинг ғадир-будурлиги профилограммаси келтирилган ҳамда микрошарчалар ($D = 0,3$ мм, $p = 5$ атм, сопладан материалгача бўлган масофа-15 см) билан ишлов берилган Россияда ишлаб чиқарилган батан тиши намунасининг сиртининг икки ўлчамли ва уч ўлчамли кўринишлари берилган. (Сирт ғадир-будурлигининг стандарт параметрларидан бири) профилнинг энг юқори баландлиги $R_{\max}=3,85$ мкм бўлгани аниқланди, бу ҳолат микрошарча оқими орқали ишлов берилгандан сўнг бошланғич ғадир-будурликни ($R_a=1,25$ мкм) ортишини тасдиқлайди. Текисликдаги ва уч ўлчамли кўринишдаги структура маълум бир мўлжалга эга бўлмаган ўрта дисперсли донадор структурадир. Уч ўлчамли кўринишда чуқурчалар аниқ кўринмоқда, улар микрошарчалар ва мустаҳкамланаётган сиртини ўзаро зарбли таъсирида ҳосил бўлган микропластик деформациялар оқибатидир.

12-расмда 1021 соат давомида чегаравий ҳолатга етгунга қадар ишлатилгандан сўнг, батан тиши намунасининг сирт ғадир-будурлигининг кескин фарқ қилувчи микропрофили кўрсатилган. Нотекисликларнинг энг юқори баландлиги $R_{\max}=0,39$ мкмни ташкил этади, тўлқинсимонлик чегарасида бу кўрсаткич минимумгача камаяди, $0,02 \dots 0,05$ мкмгача. Уч ўлчамли ва текисликдаги кўринишлардан “батан тиши-ип ўтказувчи” жуфтлигини эксплуатацияси жараёнида батан тишларининг контакт сиртларида чуқурлиги 1,4 мкм ва эни 5 мкм ва ундан ортиқ бўлган микроёриқлар ҳосил бўлиши аниқланди. Уларни ҳосил бўлиши ўзгарувчан кучланишли кўп цикли юкланишларга боғлиқ. Ейилган сирт кўзга ташланиладиган маълум йўналишга эга бўлган ариқчали силлиқ шаклга эга. Бу ҳолат сирт қатламни мустаҳкамланиши натижасида пластик деформацияга қарши туриш қобилияти юқорилигидан далолат беради.

«Эксплуатация шароитларида СТБ дастгоҳининг батан тишларини мустаҳкамлаш технологияси самарадорлиги» номли 4-бобда СТБ1-180 дастгоҳида ишлаб чиқариш шароитларида ўтказилган мустаҳкамланган батан тишларини таққослов синовларининг натижалари ва методикаси берилган, ейилиш фаскаси бўйлаб тишларнинг чегаравий ҳолати асосланган, мустаҳкамланган батан тишлари қўлланилиши натижасида дастгоҳнинг ишончлилиги ортишидан ҳосил бўладиган иқтисодий самарадорлик ҳисобланган.

«ASHURBEK TEXTIL» МСНҲ шароитларида ўтказилган синовлар натижасида батан тишларининг ички ишчи сиртларини микрошарчалар билан динамик мустаҳкамлаш самарадорлиги эксплуатация шароитларида тасдиқланган. Тажрибалар ишлаб чиқариш шароитларида СТБ1-180 тўқув дастгоҳида ўтказилган, таққослаш синовлари учун Россияда ва Хитойда ишлаб чиқарилган батан тишлари танлаб олинган, мустаҳкамланмаган ва ммикрошарчалар ёрдамида абразив оқимли қурилмада деформациянинг мустаҳкамлашнинг энг яхши шароитларини таъминловчи маромларида (сиқилган хаво босими – 5 атм, микрошарча диаметр ва – 0,3...0,4 мм, соплодан масофа – 15 см) мустаҳкамланган.

Эксплуатация шароитларини бир хиллигини таъминлаш учун бир дастгоҳда батан тишлари 5 тадан олиниб қуйидаги кетма-кетликда ўрнатилган: (мустаҳкамланмаганлар ва мустаҳкамланганлар Хитой, мустаҳкамланмаганлар ва мустаҳкамланганлар Россия). Батан тишларининг контакт сиртларининг қаттиқлиги етарли бўлмаганлиги сабабли улар нафақат ейилади балки пластик эзилади.

Ишлаб чиқариш синовлари Россияда ишлаб чиқарилган батан тишларининг микрошарчалар орқали динамик мустаҳкамлангандан сўнг чидамлилиги мустаҳкамланмаганларга қараганда 1,25...1,5 марта ортишини кўрсатди (жадвал). Хитойда ишлаб чиқарилган мустаҳкамланган батан тишларининг чидамлилиги мустаҳкамланмаганларга нисбатан 8,5 марта ортиқ бўлишини кўрсатди. Бундан келиб чиқади агар ишлаб чиқариш асосан Хитойда ишлаб чиқарилган батан тишларидан фойдаланишга йуналтирилган бўлса, уларни микрошарчалар орқали динамик мустаҳкамлаш айниқса долзарбдир. Россияда ишлаб чиқарилган батан тишларининг чидамлилиги Хитойда ишлаб чиқарилганларга нисбатан 2,5 баробар ортиқ бўлди. Ишлаб чиқариш синовлари СТБ1-180 тўқув дастгоҳини ишлашидаги танда ипларини асосий узилишлари Хитойда ишлаб чиқарилган мустаҳкамланмаган тишлар жойлашган участкаларга тўғри келишини кўрсатди (13-расм).

Ипларни тез-тез узилиши мато сифатини пасайтиради, танда ипларни узилишларини бартараф қилиш билан боғлиқ бўлган технологик жихозни мажбурий тўхташлари сабабли мато ишлаб чиқариш унумдорлиги камаяди. Шундай қилиб батан тишларини деформациянинг мустаҳкамлашнинг тўқув ишлаб чиқаришида аҳамияти ортади ва тўқув жараёнини нормаллаштириш яъни ҳар бир мато учун мос юклаш параметрларини танлаш билан технологик жараённинг самарадорлигини оширишга ва ишлаб чиқарилаётган мато сифатини оширишга имконият беради (14-расм).

**СТБ1-180 тўқув дастгоҳининг батан тишларини чидамлилиқка ишлаб
чиқариш синовларининг натижалари**

№	И\Ч	Чидамлилиқ, соат			Изоҳ
		Мустаҳкамланган	Мустаҳкамланмаган	Чидамли- ликни ортиши	
1	Россия	1021	816	1,25	Тишларнинг ейилиши
2	Хитой	408	48	8,5	Тишларнинг эзилиши ва ейилиши



13-расм. Ишлаб чиқарилаётган матонинг иплар узилиши оқибатида сифатини пасайиши



14-расмда. Сифатли мато ишлаб чиқариш

Батан тишларини ейилиш мезони, $l = 3$ мм бўлган ейилиш фаскаси этиб белгиланган. Ейилиш фаскаси 3 мм дан ортиқ бўлганда контакт сиртларни тўғри чизикли профилдан оғиб эгри чизикли сиртга айланади. Шунинг учун ейилиш мезонга етганда 6 донадан иборат бўлган батан тишларининг жамланмасини тўлиқ алмаштириш лозим.

Ишлаб чиқариш синовлари ва СТБ1-180 дастгоҳининг батан механизмининг мустаҳкамланган тишларини жорий этиш натижасида юқорида кўрсатилган корхона шароитларида 108586,6 минг. сўм иқтисодий самарадорлиқка эришилди.

ХУЛОСА

1. Тўқув машиналарининг деталларининг чидамлилигини оширишнинг технологик усуллари таҳлил қилинди, сиртларни пластик деформациялаб мустаҳкамлашнинг асосий усуллари таҳлил қилинди, мураккаб профилга эга ва ишчи сиртларини жадал ейилиши оқибатида иш қобилиятини йўқотувчи батан механизми тишларини микрошарча оқими билан мустаҳкамлаш мумкинлиги асосланди.
2. Бир нуқтага йўналтирилган P куч ва доиравий контакт юза бўйлаб тақсимланган P_0 кучлар таъсирида деталларнинг сиртларидаги кучланганлик-деформациянинг ҳолатни ўрганиш бўйича тадқиқотлар ўтказилди.
3. Кинетик энергиясининг нисбий йўқолиш ϕ коэффициентини зарбдаги тезликни тикланиш k коэффициентга, диаметри $D = 0,3 \div 0,5$ мм бўлган микрошарчалар оқими билан ишлов берилганда сирт деформацияси ε даражасини k коэффициентга боғланишлари олинди. Ўрта ва юқори тобланган пўлатлар учун тезликни тикланиш коэффициентини k 0,3 дан 0,7 гача ўзгарганда сирт деформация даражаси $\varepsilon = 0,408 \div 0,472$ ва $\varepsilon = 0,370 \div 0,427$ ташкил этди.
4. Кучланишлар жадаллигининг σ_i абсолют қиймати кучланишлар тензорининг асосий σ_1 компонентидан катта фарқ қилмаслиги, бу фарқ 6,7% ортмаслиги, натижада эластик-пластик деформацияланиш масалаларини ечишда амалиётда кучланишлар жадаллиги ўрнига асосий кучланиш σ_1 қийматини олиш мумкинлиги аниқланди.
5. Куч бирлиги таъсирида ҳосил бўладиган нормал кучланиш $\sigma_1 = \sigma_z$ сирт қатламининг чуқурлиги z бўйлаб ўзгариш қонунияти аниқланган. Сирт қатламининг чуқурлиги 0,03 дан 0,05 гача ўзгарганда кучланиш σ_1 530,8 дан 191,0 Н/мм² гача яъни 2,78 камайган.
6. Микрошарчаларни ишлов берилаётган муҳитдаги ҳаракат тенгламаси асосида аниқланадиган зарб кучи P (нормал босиш кучи) ва контакт сиртдаги оқишни ўртача босими (оқувчанлик чегараси) ўзгармас деб қабул қилингандаги пластик из параметрлари орқали мустаҳкамлик чуқурлиги h_n ни аниқлаш учун боғланиш назарий йўл билан топилди. Масалан $\sigma_T = 800$ Н/мм² бўлган пўлат учун v_0 телик 15 ÷ 30 м/с оралиғида ўзгарганда мустаҳкамлик чуқурлиги 0,052 дан 0,074 мм гача ортди. Бунда мустаҳкамлик чуқурлиги учун ҳисобий ва тажрибавий натижаларни фарқи 8,1...13% ташкил этди.
7. Материал сиртига қаттиқ сферик заррача урилгандаги тўсиқ материалга таалуқли энергиянинг ташкил этувчиларини ҳисобга олувчи тўлиқ энергетик баланс схемаси тузилди ва кенгайтирилди; деформациянинг яширин (ютилган) энергияси U' ва дислокация зичлиги ρ учун кучланишлари жадаллигига σ_i ва мустаҳкамланаётган материалнинг физик-механикавий хусусиятларига боғлиқ ҳолда аналитик тенгламалар олинди.
8. Батан тишларининг деформациянинг мустаҳкамланган сирт қатламларига 0,98 Н куч билан алмаз пирамидани ботириш билан микроқаттиқликни ўлчаш усулини амалга ошириш билан тажрибавий баҳо берилган. Энг катта микро қаттиқлик $H_\mu = 5050$ МПа, мустаҳкамланиш чуқурлиги $h_n = 0,12$ мм ва мустаҳкамланиш даражаси микрошарчалар орқали оқимли ишлов беришнинг куйидаги рационал маромларида таъминланди. Сиқилган ҳаво босими $p = 5$

атм, микрошарча диаметри $D = 0,3 \div 0,4$ мм, ишлов бериш вақти $t = 4$ мин, соплодан масофа – 15 см. Бу маромлар батан тишларининг ишлов берилган сиртларининг энг юқори сифатини таъминлайди.

9. Тажрибавий йўл билан атом-куч микроскопия ёрдамида 99,6 мкм база узунликда мустаҳкамланган сирт ғадир-будурлиги ўрганилганда уни трансформацияси кузатилган. Ғадир-будурликнинг стандарт параметри бўлган профилнинг энг юқори баландлиги R_{\max} мирошарчалар оқими билан ишлов берилгандан сўнг 1,25 дан 3,85 мкм гача ортиши, кейинчалик 1021 соат мобайнида ғадир-будурликнинг ушбу параметри 0,02...0,05 мкм бўлиши аниқланди. Нотекисликларнинг минимал қийматларга эга бўлиши контакт сиртлардаги ейилишни ва иссиқлик ҳосил бўлишини камайтиради, бу эса ейилишга қарши туришга ижобий таъсир кўрсатади.

10. Сиртлар ғадир-будурлигини тадқиқотлаш шуни кўрсатдики деформациянинг мустаҳкамланмаган батан тишлари $R_{\max} = 0,636$ мкм профил баландлигига эга бўлади, бу эса мустаҳкамланган батан тишларининг сиртларига нисбатан икки даража ортиқдир. Бунда уч ўлчамли кўринишидан ейилган сирт морфологияси металлни тармоқ пластик деформацияланиши натижасида ҳосил бўлган бир неча чуқур ва йўналтирилган ариқчалардан ташкил топган бўш юмшоқ структура эканлиги маълум бўлди.

11. Батан тишларини ейилган сиртларининг топографияси ўрганилиб, ейилиш жараёнида батан тишининг қисмини тўғри чизикли сиртдан эгри чизикли сиртга ўзгариши (трансформацияланиши) ўрганилди. Атом-кучи микроскопияси ёрдамида батан тишларида чуқурлиги 1,04 мкм кенглиги 5 мкм бўлган толиқиш ёриқлари мавжудлиги аниқланди ва батан тишларига кўп циклли ўзгарувчан кучланишли юкламалар таъсир этилиши тасдиқланди.

«ASHURBEK TEXTIL» МСНҲ фирмасида СТБ1-180 тўқув дастгоҳида ишлаб чиқариш шароитларида микрошарчалар билан сиртлари динамик мустаҳкамланган батан тишлари ва уларни мустаҳкамлаш технологияси синовлар ўтказилиб қуйидагилар аниқланди: Россияда ишлаб чиқарилган микрошарчалар билан мустаҳкамланган батан тишларининг чидамлилиги 1,25...1,5 марта мустаҳкамланмаган тишларга нисбатан юқори бўлди; Хитойда ишлаб чиқарилган мустаҳкамланган батан тишларининг чидамлилиги мустаҳкамланмаганларга нисбатан 8,5 марта ортиқ бўлди. Россияда ишлаб чиқарилган мустаҳкамланган батан тишларининг чидамлилиги Хитойда ишлаб чиқарилган мустаҳкамланган батан тишларининг чидамлилигидан 2,5 ортиқ бўлди. Микрошарчалар оқими билан мустаҳкамланган батан тишларини ишлаб чиқариш корхонасидаги СТБ1-180 дастгоҳнинг батан механизмининг мустаҳкамланган тишларини жорий этиш натижасида юқорида кўрсатилган корхона шароитларида 108586,6 минг. сўм иқтисодий самарадорликка эришилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ
PHD.03/30.12.2019.Т.66.01 ПРИ НАМАНГАНСКОМ ИНЖЕНЕРНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

АНДИЖАНСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

КАСИМОВ БАХТИЁРЖОН МУРАТ УГЛИ

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ
ТКАЦКОГО СТАНКА СТЬ ДРОБЕСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКОЙ
РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗУБЬЕВ БАТАНА**

**05.02.03 - Технологические машины. Роботы, мехатроника и робототехнические
системы**

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

Наманган – 2022

Тема диссертации доктора философии (Doctor of Philosophy) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2020.4.PhD/Т960.

Диссертация выполнена в Андижанском машиностроительном институте.

Автореферат диссертации доступен на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) на веб-сайте Научного совета Наманганского инженерно-технологического института (www.nammti.uz) и на Информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:	Шин Илларион Георгиевич доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Ахмедходжаев Хамит Турсунович доктор технических наук, профессор Маматов Алишер Зулунович доктор технических наук, профессор
Ведущая организация:	Ферганский политехнический институт

Защита диссертации состоится “02” июля 2022 года в 09:00 часов на заседании Научного совета PhD.03/30.12.2019.Т.66.01 при Наманганском инженерно-технологическом институте по адресу: 160115, г. Наманган, ул. Касансайская-7, Административное здание Наманганского инженерно-технологического института, 1-й этаж, малый зал совещаний, тел. (+99869) 228-76-68, 225-10-07, факс (+99869) 228-76-75, e-mail: niei_nfo@edu.uz).

Диссертация доступна в Информационно-ресурсном центре Наманганского инженерно-технологического института (зарегистрирована №459). Адрес: 160115, г. Наманган, ул. Касансайская-7, Тел.: (+99869) 228-76-68

Автореферат диссертации разослан “20” июня 2022 года.
(реестр протокола рассылки № 70 от “20” июня 2022 года).

Р.М.Муродов

Председатель Научного совета по присуждению
ученых степеней, доктор технических наук, профессор

Х.Т.Бобожанов

Ученый секретарь Научного совета по присуждению
ученых степеней, доктор технических наук, доцент

К.М.Холиков

Председатель Научного семинара при Научном совете по присуждению
ученых степеней, доктор технических наук, профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В современном мире играет ведущую роль научно-техническое развитие машиностроения, которое является основой инновационного роста текстильной и легкой промышленности. Большое внимание уделяется повышению качества текстиля за счет внедрения новых технологий и значительному увеличению объема качественной готовой продукции в текстильной промышленности. Во всем мире в год производится более 108,3 млн кв. м текстильных тканей, на долю которых приходится 4% всего рынка текстиля⁴. Заметных успехов добиваются текстильные отрасли следующих зарубежных стран: Китай, Южная Корея, Индия, Турция, Италия, США и др. В связи с этим важное значение имеет создание в государствах адаптивной автоматизированной системы управления технологией переработки хлопкового сырья, модернизация технологических машин и агрегатов в соответствии с современными требованиями и внедрение в производство результатов научных исследований, направленных на разработку новых методов и технологий высокоскоростной переработки сырья на энерго- и ресурсосберегающем оборудовании⁵.

В мировой практике ведутся комплексные научно-исследовательские работы по совершенствованию техники и технологии производства тканей из широкого ассортимента различных видов синтетических и натуральных нитей, требующих различной кинетики и скорости формирования ткани и пряжи, а также норм обработки при различных температурах и влажности, различных подготовительных работ. В связи с этим была создана большая группа текстильного оборудования (около 2000 видов). Качество текстильных станков определяется их надежностью и основано на совершенствовании конструктивных, технологических и эксплуатационных методах. Также важными задачами являются совершенствование механизмов ткацких станков, автоматизация технологических процессов, повышение производительности и улучшение его качественных показателей.

В нашей республике проводится большая исследовательская работа по развитию текстильной промышленности. В частности, особое внимание уделяется увеличению ассортимента текстильной продукции, локализации оборудования и сырья, повышению экспортного потенциала производителей. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы определены задачи, в том числе по «...повышение конкурентоспособности национальной экономики, внедрение современных информационно-коммуникационных технологий...»⁶. Важное значение в реализации этих задач имеет реформирование экономики, модернизация, диверсификация и динамичное развитие текстильной и швейно-трикотажной промышленности, повышение конкурентоспособности ассортимента и объемов

⁴ <https://data.world/imf/international-financial-statis>

⁵ <http://www.fao.org/faostat/#>

⁶ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони.

производства экспортно-ориентированной готовой продукции, имеющей приоритет на внешних рынках.

В определенной степени данная диссертационная работа выполняет задачи, определенные в Постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПФ-5989 "О неотложных мерах по поддержке текстильной и швейно-трикотажной промышленности" от 5 мая 2020 года, № ПҚ-4186 " О мерах по дальнейшему углублению реформирования текстильной и швейно-трикотажной промышленности и расширению ее экспортного потенциала" от 12 февраля 2019 года и № ПҚ-4453 "О мерах по дальнейшему развитию легкой промышленности и стимулированию производства готовой продукции" от 16 сентября 2019 года и других нормативно-правовых актов. **Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан – II. «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы.

За рубежом работы по исследованию качества деталей и технологических процессов, выполняемых на ткацких станках, структуры производимых тканей, оптимизации их конструктивных показателей были проведены учеными Е.М.Тrent, Х.Оpits, Р.Т.Carey (США), К.Sunshing (Китай), I.Fredrich (Польша), L.М.Нyung (Китай), М.Мatusaik (Япония), М.М.Саверин, Б.А.Кравченко, Д.Д.Папшев, А.А.Маталин, В.К.Старков, А.М.Сулима, А.Г.Суслов (Россия) и др. Исследования по вопросам проектирования текстильных машин, повышения их надежности и долговечности проводили М.И.Худых, А.И.Макаров, Л.К.Сизенов, С.И.Беленский, К.М.Гладков, А.В.Дицкий, К.М.Пирогов, Б.А.Вяткин и др.

Из отечественных ученых по обеспечению прочностных характеристик деталей рабочих органов хлопкоперерабатывающих и ткацких станков и оптимизации параметров текстильного производства в республике внесли значительный вклад: Р.Г.Махкамов, Э.М.Абдул-Раззаков, М.Г.Хамов, А.П.Рогов, И.Г.Шин, А.М.Ахмедов, Е.Ш.Алимбаев, Х.А.Алимова, Ф.А.Велиев, О.А.Ахунбабаев, А.Д.Даминов, С.А.Хамраева, Ғ.Н.Валиев, П.С.Сиддиқов, Б.Х.Баймуратов, Д.Н.Кадырова, Б.К.Хасанов, С.С.Рахимходжаев и другие.

Связь диссертации с научно – исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в рамках плана научно – исследовательских работ Ташкентского института текстильной и легкой промышленности по государственному научно – техническому инновационному проекту ИОТ-2013-5-28 «Повышение работоспособности и прогнозирование долговечности ответственных деталей машин первичной обработки хлопка по квалиметрии их поверхностного слоя после динамического упрочнения дробью».

Целью исследования является повышение долговечности зубьев батанного механизма динамическим деформационным упрочнением

микрошариками и улучшение на этой основе эксплуатационных показателей станка СТБ.

Задачи исследования:

провести анализ технологических методов повышения долговечности деталей текстильных машин, основных способов упрочнения поверхностным пластическим деформированием и обосновать применимость дробеструйного упрочнения микрошариками зубьев батанного механизма;

выполнить аналитическое исследование напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя деталей, создаваемого нагрузкой в виде сосредоточенной и распределенной силы;

получить теоретическое решение для определения глубины наклепа – важнейшего параметра качества поверхностного слоя при финишной механической обработке ответственных деталей машин;

разработать рациональный технологический режим дробеструйной обработки микрошариками рабочих поверхностей зубьев батана, обеспечивающий состояние их поверхностного слоя с высокой сопротивляемостью изнашиванию;

изучить с помощью современных методов исследований качество контактных поверхностей зубьев батана, характеризуемое рядом геометрических параметров;

проверить практическую значимость и эффективность технологии динамического упрочнения микрошариками зубьев батанного механизма в производственных условиях.

Объектом исследования является зуб батана бесчелночного ткацкого станка типа СТБ.

Предметом исследования является технологическое обеспечение качества поверхностного слоя зубьев батанного механизма, приобретающих высокую сопротивляемость изнашиванию в результате динамического упрочнения микрошариками.

Методы исследования. В исследовании использованы методы теоретической и прикладной механики, теории упругости и пластичности, теории дислокаций из физики твердого тела, метод атомно – силовой микроскопии.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

- применен метод дробеударной обработки микрошариками (дробеструйной) контактных поверхностей зубьев батана со сложным профилем для повышения прочности;

- получена математическая модель глубины наклепа при обработке микрошариками в зависимости от диаметра и скорости, предела текучести обрабатываемого материала, относительной деформации ϵ в виде отпечатка и коэффициента восстановления скорости;

- разработана схема полного энергетического баланса при воздействии твердых сферических частиц, учитывающая физико-механические свойства обрабатываемого материала и составляющие, определяемые по аналитическим зависимостям;

- методом атомно-силовой микроскопии установлено, что в зубьях батана имеются микротрещины глубиной 1,04 мкм и шириной 5 мкм, а шероховатость упрочненной поверхности возрастает с $R_{\min}=1,25$ мкм до $R_{\max}=3,85$ мкм.

Практические результаты исследования состоят в следующем:

на основе обработки зубьев батанного механизма потоком микрошариков достигнуто увеличение износостойкости контактных поверхностей и деформационное упрочнение в их поверхностном слое;

определена глубина упрочнения h_H через силу удара P (нормальная сжимающая сила), выраженную уравнением движения микрошариков в обрабатываемой среде и теоретически найденную при допущении постоянства среднего давления текучести (предела текучести) на контактной поверхности;

нормальное напряжение $\sigma_1=\sigma_z$, создаваемое единичной силой, изменяется по глубины z поверхностного. Напряжение σ_1 при изменении глубины поверхностного слоя от 0,03 до 0,05 мм уменьшилось с 530,8 до 191,0 Н/мм², т.е. в 2,78 раз;

расширена и составлена полная схема энергетического баланса, учитывающая составляющие энергий материала преграды при ударе твердой сферической частицы о поверхность материала;

изучены топография истираемых поверхностей зубьев батана и изменение (трансформация) сечения зубьев батана с прямолинейной поверхностью на криволинейную в процесса истирания. С помощью атомно-силовой микроскопии было обнаружено, что в зубьях батана возникают усталостные трещины глубиной 1,04 мкм и шириной 5 мкм;

в условиях производства на ткацком станке СТБ1-180 были испытаны зубья батана с упрочненной поверхностью обработкой микрошариками и было установлено следующее: долговечность зубьев батана российского производства, упрочненных микрошариками, оказалась в 1,25...1,5 раза выше, чем у необработанных. Долговечность упрочненных зубьев батана китайского производства была в 8,5 раза выше, чем у неупрочненных;

в результате внедрения упрочненных потоком микрошариков зубьев батанного механизма станка СТБ1-180 достигнута экономическая эффективность в объеме 108586,6 тыс. сум.

Достоверность полученных результатов подтверждается обоснованным выбором физических и математических моделей для аналитического описания динамического контактного взаимодействия микрошарика с упрочняемой поверхностью, соответствием результатов теоретических и экспериментальных исследований, положительными результатами апробации и внедрения в производство упрочненных дробеструйной обработкой зубьев батанного механизма.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов диссертационной работы состоит в выявлении эффекта поверхностного деформационного упрочнения дробеструйной обработкой микрошариками зубьев батана с нитроцементированным поверхностным слоем.

Практическая значимость проведенного исследования заключается в обосновании и реализации одного из динамического метода упрочнения – дробеструйной обработки микрошариками внутренних сложнопрофильных поверхностей зева зуба батанного механизма, в существенном повышении работоспособности упрочненных зубьев батана и улучшении качества вырабатываемой ткани.

Внедрение результатов исследований.

На основе выполненных научных и практических результатов по разработке метода обработки микрошариками зубьев батанного механизма:

в ООО «ASHURBEK TEXTIL» внедрены в производство зубья батана, упрочненные методом обработки микрошариками (справка ассоциации Ўзбекенгилсаноат от 20 октября 2021 года №03/03-2962). В результате повышена долговечность в 1,25...1,5 раза и эксплуатационная надежность зубьев батана.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 20 научных работ, включающих 7 статей, 5 из них в зарубежных и 2 в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации доктора философии (PhD).

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Объем диссертации составляет 142 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и востребованность темы диссертации, формулируются цель и задачи исследований, определены объект и цель и задачи исследований, определены объект и предмет исследований, приводится соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, обосновывается достоверность полученных результатов, раскрывается теоретическая и практическая значимость результатов исследований, приводятся сведения по апробации и внедрению в производство результатов исследований, по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Методы повышения работоспособности и надежности текстильных машин**» рассмотрены основные принципы создания надежных и долговечных машин, акцентируя внимание на роль технологии в обеспечении высокой работоспособности и долговечности ответственных деталей рабочих органов технологических машин. Проведен анализ технологических методов повышения надежности деталей текстильных машин, среди которых наиболее эффективен метод поверхностного пластического деформирования (ППД), создающий наклеп и сжимающие остаточные напряжения в поверхностном слое деталей – параметры качества, повышающие

долговечность изделий в условиях циклических знакопеременных нагрузок и трения скольжения.

Рассмотрены основные причины потери работоспособности и снижения эксплуатационной надежности одного из главных механизмов бесчелночного ткацкого станка СТБ – батанного механизма, зубья которого подвергаются интенсивного износу в условиях скольжения с нитепрокладчиком (микрочелноком). Выполнено научное обоснование применения метода динамического упрочнения микрошариками контактных поверхностей зева зубьев батанного механизма для повышения их износостойкости и обеспечения стабильной работы технологического оборудования по выпуску качественной продукции.

Вторая глава диссертации **«Теоретическое исследование состояния контактных поверхностей зубьев направляющей гребенки батанного механизма после динамического поверхностного пластического деформирования микрошариками»** посвящена аналитическому исследованию напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя деталей при динамическим упрочнении микрошариками и теоретическому определению глубины наклепа при дробеструйном упрочнении зубьев батана.

Наиболее технологичными и широко применяемыми в машиностроительном производстве методами упрочнения ППД являются динамические методы упрочнения дробью: дробеметное, пневмодробеструйное, гидродробеструйное, пневмогидродробеструйное, ультразвуковое, упрочнение микрошариками, виброупрочнение.

Из методов ППД упрочнение микрошариками имеет ряд преимуществ, прежде всего тем, что реализуется возможность упрочнения труднодоступных участков деталей и фасонных поверхностей, когда статические способы упрочнения практически неосуществимы. При этом эпюра сжимающих остаточных напряжений имеет максимальное значение почти на самой поверхности детали, а исходная шероховатость поверхности в результате такой обработки существенно снижается (до $R_a=0,63\dots0,16$ мкм).

Таким образом, учитывая сложный профиль зубьев батана (рис. 1) и необходимость обеспечения главного для него критерия работоспособности – износостойкости, следует разработать технологию динамического упрочнения микрошариками, направляемыми на обратываемую поверхность детали в потоке с сжатым воздухом (пневно - дробеструйное или дробеструйное упрочнение).

К основным параметрам режима обработки при динамическом упрочнении дробью деталей машин относятся: диаметр D или масса m дроби (микрошарика); скорость v_0 дроби; давление сжатого воздуха p ; время обработки t ; удельная плотность потока q и удельный расход Q дроби.



Рис. 1. Зуб батана одноименного механизма ткацкого станка СТБ

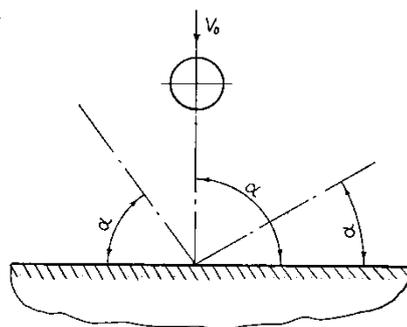


Рис. 2. Взаимодействие дроби с обрабатываемой поверхностью при различном угле атаки α

Для решения частных задач контактного взаимодействия дроби при ударе по обрабатываемой поверхности (рис.2) приняты ряд допущений и выполнена его схематизация.

Контактное взаимодействие дроби при ударе по упрочняемой поверхности характеризуется локальностью деформационного процесса, приводящего к формированию очага деформирования (рис.3). В результате создается пластический отпечаток в виде лунки диаметром d , образование которой свидетельствует о том, что интенсивность напряжений σ_i превышает динамический предел текучести $\sigma_{т.д}$ обрабатываемого материала ($\sigma_i \geq \sigma_{т.д}$).

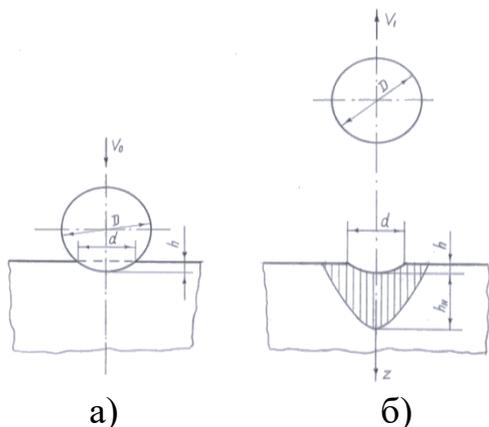


Рис. 3. Схема единичного контакта при дробеударной обработке:

а) упругопластическое взаимодействие микрошарика диаметром D с обрабатываемой поверхностью (d, h – соответственно диаметр и глубина пластического отпечатка); б) формирование упрочненного (наклепанного) слоя толщиной h_n при отскоке ударяющейся дроби

Важным представляется тот факт, что после 10...12 ударов дроби возрастание диаметра отпечатка при первом ударе d_1 приостанавливается и составляет в среднем $(1,25...1,55) d_1$ для различных условий обработки.

Деформированное состояние поверхностного слоя деталей при динамическом упрочнении микрошариками определяется степенью поверхностной пластической деформации, под которой понимают отношение диаметра d остающейся от вдавливания лунки к диаметру D сферического индентора: $\epsilon = d/D$, $\epsilon = 0,3...0,7$ для конструкционных сталей. Вследствие уточнения известных соотношений для ϵ в работе получены зависимости для степени поверхностной деформации и диаметра пластического отпечатка (лунки) d соответственно вида

$$\varepsilon = \sqrt[4]{\frac{(1-k^2)W_0}{0.17HB \cdot D^3}}, \quad d = \sqrt[4]{\frac{D(1-k^2)W_0}{0.1 \cdot HB}}, \text{ мм} \quad (1)$$

где W_0 – начальная кинетическая энергия дроби, Дж;

HB – твердость по Бринелю обрабатываемого материала;

D – диаметр дроби, м;

k – коэффициент восстановления скорости при ударе;

$1-k^2$ – коэффициент относительной потери кинетической энергии при ударе.

При получении формул (1) принято во внимание взаимосвязь динамической твердости материала H_D с твердостью по Бринелю: $H_D = 1,7 \cdot HB$ для металлов и сплавов с твердостью HB 300. Также учтено, что напряженно – деформированное состояние в поверхностном слое создается не полностью начальной кинетической энергией W_0 , а только ее частью, определяемую через коэффициент восстановления скорости посредством выражения $(1-k^2)$.

На рис. 4 даны графики зависимостей диаметра лунки d и относительной деформации ε при обработке микрошариками средне- и высокозакаленных сталей при единичной начальной кинетической энергии W_0 .

Установлено, что увеличение диаметра микрошарика от $D=0,3$ до $0,5$ мм приводит к возрастанию диаметра пластического отпечатка d в пределах $13,3 \dots 14,2\%$ в зависимости от коэффициента восстановления скорости k . Относительная поверхностная деформация ε с увеличением диаметра микрошарика заметно уменьшается: на $31,8 \dots 32,1\%$ в зависимости от коэффициента k . Более интенсивная деформация ε при дробеударной обработке микрошариками $D=0,3$ мм объясняется большой локализацией силы удара из-за малой поверхности контакта.

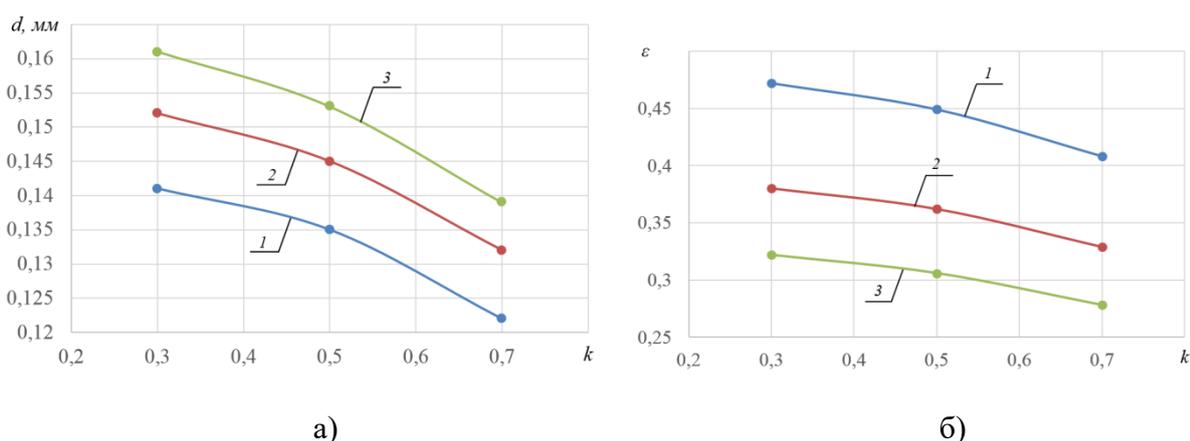


Рис. 4. Зависимости диаметра отпечатка d (а) и относительной деформации ε (б) от коэффициента восстановления скорости k при дробеударной обработке микрошариками конструкционной стали HB 400:

1- $D = 0,3$ мм; 2- $D = 0,4$ мм; 3- $D = 0,5$ мм

Аналитическое исследование напряженного состояния в поверхностном слое упрочняемой детали при обработке микрошариками проведено для двух видов нагружения: 1) сосредоточенной силой P (рис. 5, а); 2) распределенной

нагрузкой p_0 (рис. 5, б) при круговой площадке контакта, пропорциональной ординатам сферической поверхности на границе полубесконечного тела.

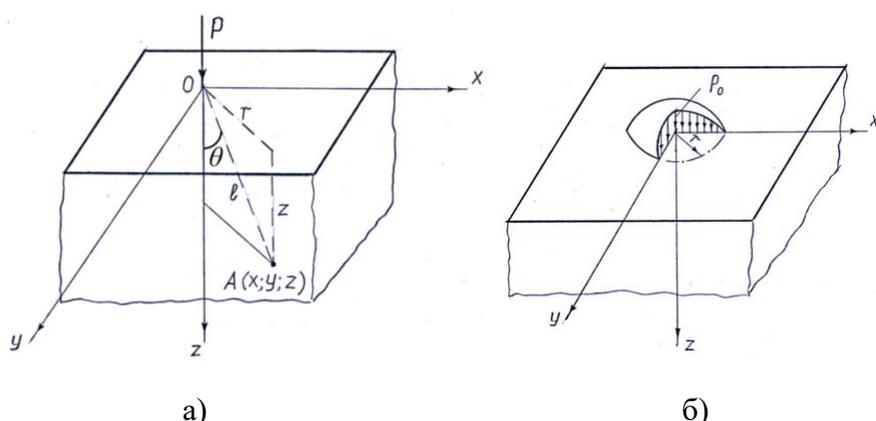


Рис. 5. Расчетная схема для напряженного состояния, создаваемого нормальной сосредоточенной силой P (а) и распределенной нагрузкой p_0 (б), приложенных на границе полубесконечного тела

При действии сосредоточенной силы компоненты напряжений в полубесконечном теле рассчитываются по зависимостям:

$$\sigma_z = -\frac{3}{2} \cdot \frac{P}{\pi} \cdot \frac{z^3}{l^5}; \sigma_r = -\frac{P}{2\pi} \left[\frac{1-2\mu}{l(l+z)} - \frac{3zr^2}{l^5} \right]; \sigma_\theta = -\frac{P}{2\pi} (1-2\mu) \left[\frac{z}{l^3} - \frac{1}{l(l+z)} \right]; \tau_{rz} = -\frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{z^2 r}{l^5} \quad (2)$$

При действии сосредоточенной нагрузки, нормальной к плоскости нагружения, точки, в которых интенсивность напряжений σ_i принимает максимальное значение, находятся на оси z , совпадающей с направлением действия сосредоточенной силы P . В связи с осесимметричным характером нагружения компоненты напряжений для точек, лежащих на оси z ($l=z$), могут быть определены по формулам:

$$\sigma_z = -\frac{P}{2\pi} \cdot \frac{3}{z^2}; \sigma_x = \sigma_y = -\frac{P}{2\pi} \left(\frac{1-2\mu}{2z^2} \right) \quad (2, a)$$

Так как касательные напряжения для точек, находящихся на оси z , равны нулю, то три компоненты напряжений (2) являются главными: $\sigma_1 = \sigma_z$; $\sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_x = \sigma_y$. Поэтому интенсивность напряжений в данном расчетном случае определяется по зависимости $\sigma_i = \left| \sigma_1 - \sigma_2 \right|$, которая после преобразований с учетом (2, а) принимает вид

$$\sigma_i = \frac{P}{2\pi z^2} \left(3 - \frac{1-2\mu}{2} \right) \quad (3)$$

Выявлена закономерность изменения нормального напряжения σ_1 по глубине поверхностного слоя z при действии единичной силы P . Наблюдается резкий спад напряжений σ_1 по глубине z : при изменении глубины поверхностного слоя от 0,03 до 0,05 мм напряжение σ_1 уменьшается со значения 530,8 до 191,0 Н/мм² (рис. 6), т.е. в 2,78 раз. При этом нормальные напряжения $\sigma_2 = \sigma_3$ на порядок и более меньше, чем σ_1 , что отражается при

расчете напряжений σ_i . Ее абсолютное значение отличается незначительно от напряжений σ_1 (рис. 6.) и эта разность составляет не более 6,7%, что позволяет использовать в расчетной практике вместо интенсивности напряжений значение главного напряжения σ_1 при решении задач на упругопластическое деформирование.

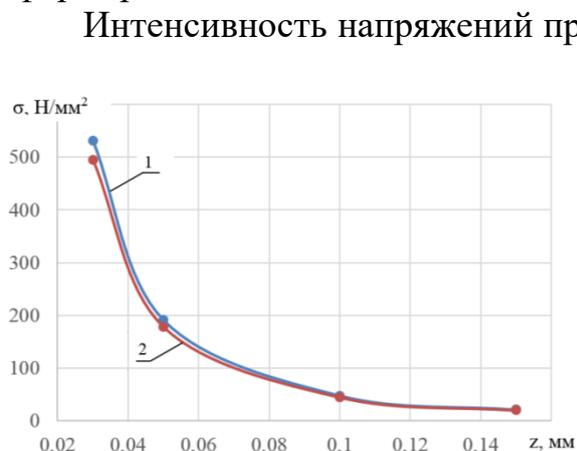


Рис. 6. Сравнение значений главного напряжения σ_1 (1) и интенсивности напряжений σ_i (2) по глубине поверхностного слоя z

Усилие внедрения микрошарика P , связанное с размером пластического отпечатка $d=2r$ (рис. 3) и влияющее на глубину наклепа, определено из допущения, что среднее давление сопротивления внедрению или среднее давление течения (предел текучести σ_T) на поверхности контактирования остается постоянной. Тогда процесс соударения недеформируемого сферического индентора с упрочняемой металлической поверхностью описывается следующим соотношением, вытекающим из уравнения движения шарика в обрабатываемой среде и параметров пластического отпечатка:

$$P = \pi \rho_0 r^2 = -m \frac{d^2 h}{dt^2}, \quad (5)$$

где ρ_0 - давление текучести, $\rho_0 = \text{const}$ и $\rho_0 = \sigma_T$;
 m – масса сферического индентора.

С учетом взаимосвязи радиуса пластического отпечатка $r=d/2$, радиуса сферического индентора $R=D/2$, глубины отпечатка h ($r^2 = 2Rh - h^2$) и пренебрегая величиной h^2 ввиду ее незначительности по отношению к D , уравнение движения шарика в обрабатываемой среде представится выражением

$$P = 2\pi \sigma_T R h = -m \frac{d^2 h}{dt^2} \quad \text{или} \quad \frac{d^2 h}{dt^2} + \frac{D\pi\sigma_T}{m} h = 0 \quad (6)$$

Решением уравнения (6) является глубина отпечатка, максимальная величина которой составит

Интенсивность напряжений при действии распределенной нагрузки ρ_0 по круговой площадке контакта определяется по формуле

$$\sigma_i = \rho_0 \left\{ \frac{1}{1 + \left(\frac{z}{r}\right)^2} - \left[(1 + \mu) \frac{0.5}{1 + \left(\frac{z}{r}\right)^2} + (1 + \mu) \frac{z}{r} \arctg \frac{r}{z} \right] \right\} \quad (4),$$

где $\rho_0 = \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{\pi r^2}$ - давление в центре отпечатка, Н/мм²;

P – статическая сила при контакте микрошарика с деталью, Н;

μ – коэффициент Пуассона;

r – радиус пластического отпечатка, мм.

$$h = v_0 \sqrt{\frac{m}{\pi D \sigma_T}}, \text{ мм} \quad (7)$$

тогда сила удара P с учетом представления массы m через плотность ρ_m и объем V дроби определится по формуле

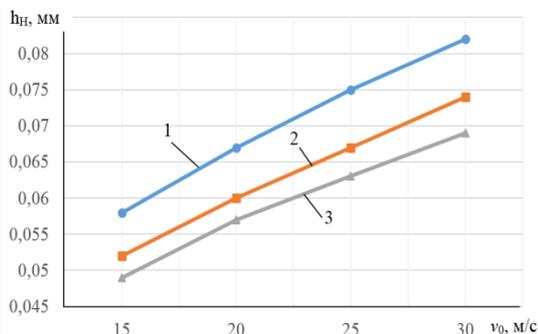


Рис. 7. Зависимость глубины наклепа h_H от скорости дроби v_0 при различных значениях предела текучести σ_T :

1 – 500 Н/мм², 2 – 800 Н/мм²,
3 – 1000 Н/мм².

$$P = \pi D^2 v_0 \sqrt{\frac{\rho_m \sigma_T}{6}}, \text{ Н} \quad (8)$$

С помощью зависимости (8) и известной формулы Хейфица С.Г. после преобразований получим формулу для теоретического определения глубины наклепа h_H :

$$h_H = D^4 \sqrt{\frac{\pi^2 v_0 \rho_m}{24 \sigma_T}}, \text{ мм} \quad (9)$$

На рис. 7 представлены графические зависимости расчетной глубины наклепа h_H от скоростей v_0 и пределов текучести σ_T , соответствующих большей группе углеродистых и инструментальных сталей конструкционного и инструментального назначений. Так, глубина наклепа $h_H = 0,058$ мм при следующих данных: $D = 0,3$ мм, $v_0 = 15$ м/с, $\rho_m = 7,8$ г/см³, $\sigma_T = 500$ Н/мм². Данная величина h_H является приемлемой и согласуется с характером дробеударного упрочнения. Выявлено, что с увеличением скорости удара v_0 микрошарика глубина наклепа h_H монотонно возрастает (рис. 7) в диапазоне 40,8 - 42,3% в зависимости от предела текучести $\sigma_T = 500-1000$ Н/мм². При $\sigma_T = 500$ Н/мм² глубина наклепа h_H увеличивается от 0,058 до 0,082 мм, если $\sigma_T = 800$ Н/мм² – в пределах $h_H = 0,052$ до 0,074 мм, при $\sigma_T = 1000$ Н/мм² – $h_H = 0,049$ - 0,069 мм. Сопоставление с данными экспериментальных исследований глубины наклепа, в том числе и других исследователей, показало, что относительная погрешность расчетных и экспериментальных данных составляет не более 10%, что вполне приемлемо в расчетной практике при проектировании технологических процессов в машиностроительном производстве.

В третьей главе диссертации «**Экспериментальные исследования состояния поверхностного слоя зубьев батана после дробеструйной обработки и срока эксплуатации**» представлены результаты исследований качества поверхностного слоя (глубины и степени наклепа, шероховатости поверхности), топографии изношенных участков зубьев батана после дробеструйной обработки микрошариками и предельного состояния в результате эксплуатации.

Экспериментальные исследования по дробеструйной обработке микрошариками зубьев батана были проведены на установке (пескоструйной камере), изготовленной и эксплуатируемой в Ташкентском механическом заводе (рис. 8). Пескоструйная камера имеет рабочее пространство – 120/60/60 см; давление воздуха $p=4...6$ атм создается компрессором, работающим от электродвигателя мощностью $P=22$ кВт при напряжении $U=380$ В. Для упрочнения сложнопрофильных деталей – зубьев батана было изготовлено специальное зажимное приспособление в виде двух пластин, соединенных болтами (рис. 9). Для динамического деформационного упрочнения рабочих поверхностей зубьев батана была применена стальная литая дробь диаметром $0,3...0,4$ мм; давление сжатого воздуха $p=4...6$ атм; расстояние от сопла пистолета до упрочняемой поверхности – $15...20$ см.

Как свидетельствуют данные экспериментальных исследований, глубина h_H и степень наклепа U возрастают с увеличением продолжительности обдувки микрошариками (рис.10). Так, с увеличением времени обдувки от $t=2$ до 4 мин глубина и степень упрочнения соответственно возрастают: при $t=2$ мин $H_{\mu} = 4880$ МПа и $h_H=0,078$ мм; при $t=4$ мин $H_{\mu} = 5050$ МПа и $h_H=0,12$ мм.



Рис. 8. Технологическое оборудование в виде пескоструйной камеры, используемое для дробеструйной обработки деталей машин



Рис. 9. Приспособление для фиксации зубьев батана и абразивоструйный пистолет для упрочнения микрошариками

Максимальная степень упрочнения $U=15,6$ % достигается при $t=4$ мин (давление воздуха $p=5$ атм, диаметр дроби $D=0,3...0,4$ мм). При этом режиме дробеструйной обработки достигается предельная толщина упрочненного слоя

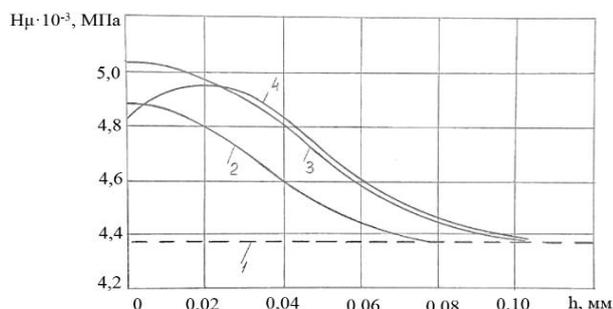


Рис. 10. Распределение микротвердости H_{μ} по толщине поверхностного нитроцементованного слоя h образцов из зуба батана (сталь 20) при разном времени обдувки: 1 – до упрочнения; 2 – $t=2$ мин; 3 – 4 мин; 4 – 6 мин

h_H (около $0,12$ мм), которая практически совпадает с толщиной слоя насыщения при нитроцементации зубьев батана.

Увеличение времени обработки (более 6 мин) и давления сжатого воздуха $p > 5$ атм нецелесообразно, так как это приводит к перенаклепу - охрупчиванию поверхностного слоя из-за исчерпания запаса пластичности. При этом микротвердость H_μ на поверхности образцов снижается и ее максимум закономерно смещается вглубь (под поверхностный слой).

С целью исследования состояния микропрофиля рабочих поверхностей зубьев батана и его трансформации в процессе эксплуатации была применена атомно-силовая микроскопия (АСМ), основанная на сканирующим зондовом микроскопе Agilent 5500 AFM в условиях научной лаборатории Института химии и физики полимеров АН РУз. В сканирующих зондовых микроскопах исследование микрорельефа поверхности осуществляется с помощью специальных зондов в виде игл, рабочая часть (острие) которых в современных АСМ имеет радиус закругления 1...5 нм и изготавливаются методом фотолитографии и травления из кремниевых пластин (легированного кремния, SiO_2 или Si_3N_4).

На рис. 11 и рис. 12 даны результаты экспериментальных исследований рабочих поверхностей зубьев батана методом АСМ.

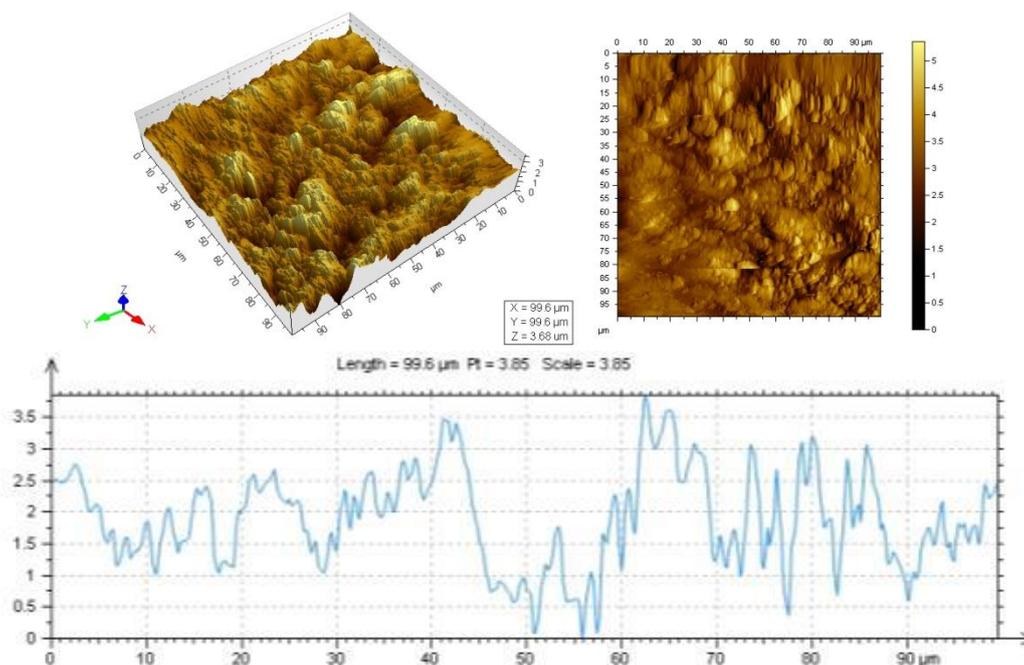


Рис. 11. Характеристики поверхности упрочненных зубьев батана российского производства в исходном состоянии

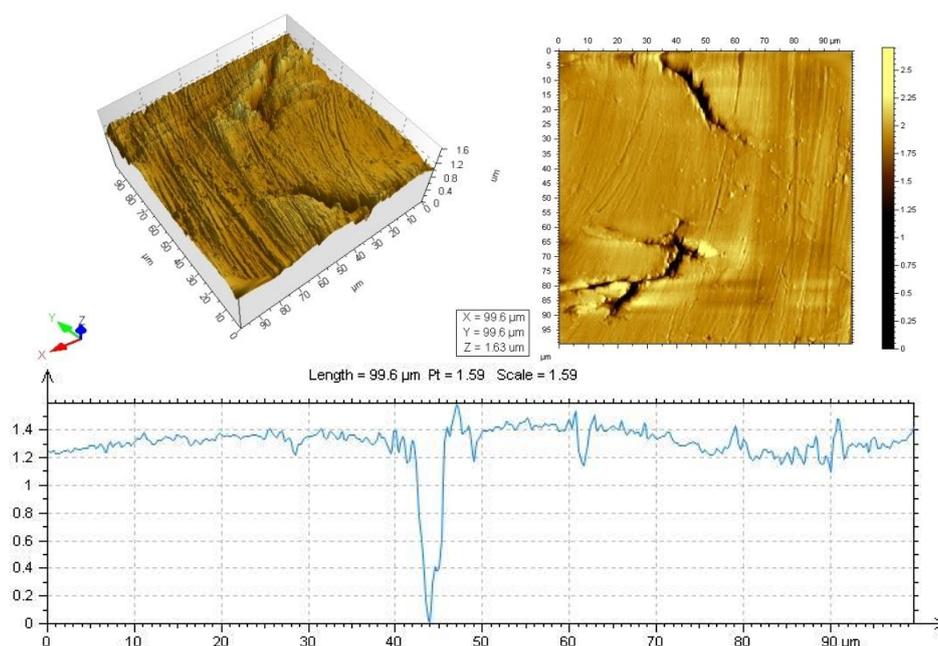


Рис. 12. Характеристики изношенной поверхности упрочненных зубьев батана российского производства после эксплуатации в течение 1021 часов

На рис. 11 дана профилограмма шероховатости поверхности в пределах базовой длины измерения, равной 99,6 мкм, а также плоскостное и трехмерное изображение поверхности образца из зуба батана российского производства после дробеструйной обработки микрошариками ($D = 0,3$ мм, $p = 5$ атм, расстояние от сопла -15 см). Установлено, что наибольшая высота профиля $R_{\max} = 3,85$ мкм (один из стандартных параметров шероховатости поверхности), что подтверждает известный факт увеличения параметров шероховатости после дробеударной обработки по сравнению с исходным состоянием ($R_a = 1,25$ мкм). Структура в плоскостном и трехмерном изображении представляет среднedisперсную зернистую структуру без какой-либо определенной ориентации. В трехмерном изображении отчетливо видны углубления, как последствия микропластических деформаций при ударном взаимодействии микрошариков с упрочняемой поверхностью.

Резко отличающийся микропрофиль шероховатости поверхности образца из зуба батана после эксплуатации до предельного состояния в течение 1021 часов, показан на рис. 12. Наибольшая высота неровностей составляет $R_{\max} = 0,39$ мкм, хотя в пределах волнистости она уменьшается до минимума: 0,02 ... 0,05 мкм. Из картины трехмерного и плоскостного изображения выявлено, что в процессе эксплуатации пары «зуб батана – нитепроводник» на контактной поверхности зубьев образуются микротрещины глубиной 1,4 мкм и шириной 5 мкм и более. Их образование связано с большим числом циклов нагружения с переменным напряжением. Поверхность изнашивания отличается гладкой формой со слабо выраженными направленными бороздками, что свидетельствует о большой сопротивляемости поверхности пластической деформации вследствие упрочнения поверхностного слоя.

В четвертой главе «**Эффективность упрочняющей технологии зубьев батана станка СТБ в эксплуатационных условиях**» даны методика и результаты сравнительных испытаний упрочненных зубьев батана в

производственных условиях на станке СТБ1-180, обоснование предельного состояния зубьев по фаске износа, расчет экономической эффективности от повышения надежности станка вследствие применения упрочненных зубьев батана.

Эффективность динамического упрочнения микрошариками внутренних рабочих поверхностей зубьев батана была подтверждена в эксплуатационных условиях при проведении натуральных испытаний в фирме «ASHURBEK TEXTIL» МСНУ. Эксперименты в условиях производства осуществлялись на ткацком станке СТБ1-180. Для сравнительных испытаний были отобраны зубья батана российского и китайского производства, неупрочненные и упрочненные микрошариками на абразивоструйной установке при режиме, обеспечивающим наилучшие условия для деформационного упрочнения: давление сжатого воздуха – 5 атм, диаметр дробы – 0,3...0,4 мм, расстояние от сопла – 15 см.

Для создания идентичности условий эксплуатации зубьев батана они были установлены на одном станке по 5 штук в следующей последовательности: неупрочненные и упрочненные (Китай), неупрочненные и упрочненные (Россия). Вследствие недостаточной твердости контактных поверхностей зуб батана не только изнашивается, но и подвергается пластическому смятию.

Данные производственных испытаний свидетельствуют о том, что зубья батана российского производства в результате динамического упрочнения микрошариками имеют долговечность в 1,25...1,5 раз больше, чем неупрочненные (табл.). Упрочненные зубья китайского производства по сравнению с неупрочненными показали долговечность в 8,5 раз больше. Следовательно, если производство ориентировано на использование в основном зубьев батана китайского производства, то динамическое упрочнение микрошариками особенно актуально. Долговечность упрочненных зубьев батана российского производства превосходит таковых китайского в 2,5 раз. Как показали промышленные испытания, наиболее часто обрыв нитей основы при работе ткацкого станка СТБ1-180 происходит на участках, где расположены неупрочненные зубья китайского производства (рис. 13).

Частый обрыв нитей значительно ухудшает качество суровой ткани, снижает производительность выработки ткани из-за вынужденных простоев технологического оборудования, связанных с устранением обрывов нитей основы. Таким образом, можно утверждать, что деформационное упрочнение зубьев батана приобретает большую значимость в ткацком производстве и совместно с нормализацией процесса ткачества, т.е. выбором для каждой ткани соответствующих заправочных параметров, позволяет повысить эффективность технологического процесса и улучшить качество вырабатываемой ткани (рис.14).

Таблица

**Результаты натуральных производственных испытаний на долговечность
зубьев батана ткацкого станка СТБ1-180**

№	Страна	Долговечность, час			Примечание
		с упрочнением	без упрочнения	повышение долговечности	
1	Россия	1021	816	1,25	износ зубьев
2	Китай	408	48	8,5	износ и смятие зубьев



**Рис. 13. Снижение качества
вырабатываемой ткани из-за обрывности
нитей**



Рис. 14. Качественная выработка ткани

Установлен критерий износа зубьев батана, равный фаске износа $l = 3$ мм. С увеличением фаски износа более 3 мм происходит постепенное искажение прямолинейного профиля контактируемой поверхности с переходом к криволинейной поверхности. Поэтому по достижении критерия износа следует сделать полную замену зубьев батана в комплекте из 6 штук.

Промышленная апробация и внедрение упрочненных зубьев батанного механизма станка СТБ1-180 позволили получить в условиях вышеуказанного предприятия экономический эффект в объеме 108586,6 тыс. сум.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выполнен всесторонний анализ технологических методов повышения долговечности деталей текстильных машин и основных способов упрочнения поверхностным пластическим деформированием с целью обоснования дробеструйного упрочнения микрошариками зубьев батанного механизма станка СТБ, имеющих сложный профиль, и теряющих работоспособность вследствие интенсивного изнашивания рабочих поверхностей.

2. На базе схематизации контактного взаимодействия микрошарика при ударе по упрочняемой поверхности проведено аналитическое исследование напряженно – деформированного состояния поверхностного слоя деталей, создаваемого сосредоточенной силой P и распределенной нагрузкой p_0 по круговой площадке контакта.

3. Получены зависимости коэффициента относительной потери кинетической энергии φ от коэффициента восстановления скорости k при ударе, степени поверхностной деформации ε от коэффициента k при дробеударной обработке микрошариками диаметром $D = 0,3 \div 0,5$ мм. Степень поверхностной деформации при обработке средне- и высокозакаленных сталей соответственно составляет $\varepsilon = 0,408 \div 0,472$ и $\varepsilon = 0,370 \div 0,427$ при изменении коэффициента восстановления k от 0,3 до 0,7.

4. Установлено, что абсолютное значение интенсивности напряжений σ_i незначительно отличается от главного компонента тензора напряжений σ_1 (не более 6,7%), что позволяет использовать σ_1 в расчетной практике при осесимметричном нагружении ($\sigma_2 = \sigma_3$) для решения задач упругопластического деформирования следующее соотношение: $\sigma_1 = \sigma_i \geq \sigma_T$, где σ_T – предел текучести.

5. Выявлена закономерность изменения главного напряжения $\sigma_1 = \sigma_z$ по глубине поверхностного слоя z при действии единичной силы. При изменении z от 0,03 до 0,05 мм напряжение σ_1 уменьшается со значения 530,8 до 191,0 Н/мм², т.е. почти в 2,8 раз.

6. Теоретически получено выражение для глубины наклепа h_n через силу удара P (нормальную силу вдавливания), определяемую на основе уравнения движения дроби в обрабатываемой среде и параметров пластического отпечатка из допущения, что среднее давление течения (предел текучести) на поверхности контакта остается постоянной. Глубина наклепа, например, для стали с $\sigma_T = 800$ Н/мм² монотонно возрастает от 0,052 до 0,074 мм при увеличении скорости v_0 в пределах 15 ÷ 30 м/с. При этом разность теоретических и экспериментальных значений глубины наклепа составляет диапазон 8,1 ... 13,0%.

7. Расширена и составлена полная схема энергетического баланса при контактном взаимодействии твердой сферической частицы с поверхностью обрабатываемого материала, учитывающая составляющие энергии, относящиеся к материалу преграды. Получены аналитические выражения удельной скрытой энергии деформации U'_s и плотности дислокаций ρ , зависящие от интенсивности напряжений σ_i и физико-механических свойств упрочняемого материала и влияющие на формирование технологических остаточных напряжений.

8. Методом измерения микротвердости при вдавливании усилием 0,98 Н на алмазную пирамиду дана экспериментальная оценка деформационного упрочнения поверхностного слоя зубьев батана. Наибольшая микротвердость H_μ

= 5050 МПа с глубиной упрочнения $h_n = 0,12$ мм и степенью упрочнения $U = 15,6\%$ достигаются при следующем рациональном режиме дробеструйной обработки: давление сжатого воздуха $p = 5$ атм, диаметр дроби $D = 0,3 \div 0,4$ мм, время $t = 4$ мин, расстояние от сопла – 15 см. Данный режим обеспечивает наиболее высокое качество обработанной поверхности зубьев батана.

9. Экспериментально методом атомно-силовой микроскопии установлено, что при исследовании шероховатости упрочненной поверхности в пределах базовой длины измерения 99,6 мкм наблюдается трансформация первоначального микропрофиля. Установлено, что стандартный параметр шероховатости – наибольшая высота профиля R_{max} увеличивается после дробеударной обработки от 1,25 до 3,85 мкм, хотя в дальнейшем по истечении 2021 часа высота неровности составляет 0,02 ... 0,05 мкм. Минимальная высота неровностей уменьшает трение контактных поверхностей и тепловыделение, что положительно влияют на сопротивляемость изнашиванию.

10. Исследованиями шероховатости поверхности показано, что зубья батана без деформационного упрочнения имеют высоту профиля $R_{max} = 0,636$ мкм, что на два порядка больше, чем у поверхностей зубьев с упрочнением. При этом морфология изношенной поверхности в трехмерном изображении представляет рыхлую структуру со множеством глубоких и ориентированных бороздков как следствие локальной пластической деформации металла.

11. Выявлена особенность топографии изношенных участков зубьев батана, характеризующейся трансформацией прямолинейной контактной поверхности в криволинейную с определенным радиусом. С помощью атомно-силовой микроскопии выявлены усталостные трещины глубиной 1,4 мкм и шириной 5 мкм, появление которых свидетельствует о большом числе циклов нагружения с переменным напряжением.

12. Проверка практической значимости технологии динамического упрочнения микрошариками рабочих поверхностей зубьев батанного механизма осуществлена в производственных условиях на ткацком станке СТБ1-180 в фирме «ASHURBEK TEXTIL» МСНУ. Установлено, что упрочненные зубья батана российского производства имеют долговечность в 1,25...1,5 раз больше, чем неупрочненные. Упрочненные зубья китайского производства по сравнению с неупрочненными показали долговечность в 8,5 раз больше. При этом долговечность упрочненных зубьев батана российского производства превосходит китайского в 2,5 раз. Годовой экономический эффект от использования технологии дробеструйной обработки микрошариками зубьев батана на данном предприятии составил 108586,6 тыс. сум.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
PhD.03/30.12.2019.T.66.01 AT NAMANGAN INSTITUTE OF ENGINEERING
AND TECHNOLOGY**

ANDIJAN MACHINE BUILDING INSTITUTE

KASIMOV BAKHTIYORJON

**DEVELOPMENT OF A METHOD FOR INCREASING THE WORKING
CAPACITY OF THE STB LASHING MACHINE BY SHOT BLASTING OF
THE WORKING SURFACES OF THE BATAN'S TEETH**

**05.02.03 – Technological machines. Robotics,
mechatronics and robotic systems**

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

Namangan – 2022

The theme of doctor of philosophy (PhD) of technical science dissertation was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2020.4.PhD/T1960.

The dissertation carried out at Andijan machine building institute.

The abstract of dissertations is posted three languages (Uzbek, Russian and English (resume)) on the website of Scientific Council at the address www.namti.uz and on the website of Ziyonet information and educational portal www.ziyonet.uz.

Scientific adviser:

Shin Illarion Geirgievich
doctor of technical sciences, professor.

Official opponents:

Akhmedkhodzhaev Khamit Tursunovich
doctor of technical sciences, professor

Mamatov Alisher Zulunovich
doctor of technical sciences, professor

Leading organization:

Fergana polytechnic institute

The defense of the dissertation will take place on “02” July 2022 year at 09:00 o’clock at a the meeting of scientific council PhD 03/30.12.2019.T.66.01 at Namangan institute of engineering and technology (Address: 160115, Namangan city, Kasansay street-7, administrative building, small conference hall, tel: (69)228-76-68, a fax: (69)228-76-75, e-mail: niei_info@edu.uz)

The dissertation could be reviewed at the Information-resource center (IRC) of Namangan institute of engineering and technology (registration number № 459). Address: 160115, city of Namangan, str. Kasansay-7, tel. (69) 228-76-68.

Abstract of the dissertation sent out on “20” June 2022 year.
(mailing report № 70 on “20” June 2022 year).

R.Muradov

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

H.Bobojonov

Scientific secretary of the scientific council awarding scientific
degrees, doctor of technical sciences, docent

K.Khaliqov

Vice chairman of the academic seminar under the scientific Council awarding
scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The purpose of the study is to increase the durability of the teeth of the batan mechanism by dynamic strain hardening with microballs and, on this basis, to improve the performance of the STB machine.

Research objectives:

to analyze technological methods for increasing the durability of textile machine parts, the main methods of hardening by surface plastic deformation, and to substantiate the applicability of shot-peening hardening with microballs of the teeth of a batan mechanism;

perform an analytical study of the stress-strain state of the surface layer of parts created by a load in the form of a concentrated and distributed force;

obtain a theoretical solution for determining the depth of work hardening - the most important quality parameter of the surface layer during finishing machining of critical machine parts;

to develop a rational technological regime for shot blasting with microballs of the working surfaces of the teeth of the batan, ensuring the state of their surface layer with high wear resistance;

to study, using modern research methods, the quality of the contact surfaces of the teeth of the batan, characterized by a number of geometric parameters;

to check the practical significance and effectiveness of the technology of dynamic hardening of the teeth of the batan mechanism with microballs in production conditions.

Scientific novelty of the research work is as follows:

the method of shot-peening treatment with microballs (shot-blasting) of the contact surfaces of the teeth of the batan with a complex profile was applied to increase the strength;

a mathematical model of hardening depth was obtained when processing with microballs, depending on the diameter and speed, the yield strength of the material being processed, the relative deformation ε in the form of an imprint and the speed recovery coefficient;

a scheme was developed for the complete energy balance under the influence of solid spherical particles, taking into account the physical and mechanical properties of the processed material and the components determined by analytical dependencies;

using atomic force microscopy, it was found that in the teeth of the batan there are microcracks with a depth of 1.04 mkm and a width of 5 mkm, and the roughness of the hardened surface increases from $R_{\min}=1,25$ mkm to $R_{\max}=3,85$ mkm.

Implementation of research results.

On the basis of the performed scientific and practical results on the development of a method for processing the teeth of the batan mechanism with microballs:

in ASHURBEK TEXTIL LLC, batan teeth were implemented by microballs and introduced into production (certificate of the Uzbekengilsanoat Association dated October 20, 2021 No. 03/03-2962). As a result, the durability is increased by 1.25 ... 1.5 times and the operational reliability of the batan teeth.

The structure and scope of the thesis. The dissertation work consists of an introduction, 4 chapters, a conclusion, a bibliography and applications. The dissertation work consists of 142 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS
I бўлим (I часть; I part)

1. Касимов Б.М., Шин И.Г., Муминов М.Р. Расчетные модели для оценки напряженно-деформированного состояния в поверхностном слое деталей при поверхностном пластическом деформировании обкатыванием и выглаживанием // Научно-технический журнал Наманганского инженерно-технологического института, 2020, том 5. - №2. - С. 385-389. (05.00.00; №33)

2. Касимов Б.М. Особенности изнашивания зубьев батана и пути повышения их работоспособности // Научно-технический журнал Наманганского инженерно-технологического института, 2021, том 6. - №2- С. 317-320. (05.00.00 №33)

3. Kasimov B.M., Muminov M.R, Shin I.G. Combined Strengthening of Batan Teeth of the Stb Loom // International journal on orange technologies, - Indonesia, Volume: 03 Issue: 04 | April 2021; p.p. 223-225. ISSN: 2615-8140 (05.00.00; IF: 5.9)

4. Kasimov B.M., Muminov M.R, Shin I.G. Analytical assessment of the influence of the intensity of technological residual Voltagees in the surface layer of teeth on the durability of Saw blades for gins // International Journal of Advanced Academic Studies, - India, 2020; 2(2): 102-103. ISSN: 2706-8927 (05.00.00; IF 5.12)

5. Kasimov B.M. Experimental Determination of the Depth and Degree of Riveting of the Surface Layer of Batan Teeth // Middle European Scientific Bulletin, - Czech Republic, Volume 18, Nov 2021, p.p. 169-171. ISSN: 2694-9970 (05.00.00; IF 7.52) (Scopus).

6. Шин И.Г, Шодмонкулов З.А, Касимов Б.М., Искандарова Н.К. Повышение эффективности волокноотделительной машины абразивоструйной обработкой зубьев дисков пильного цилиндра // Вестник машиностроения, - Москва, 2021. -№10. - С. 66-69. (05.00.00; №13)

7. Kasimov B.M., Muminov M.R, Shin I.G. Calculation models for assessing the voltage-strain state of the state in the surface layer of parts during surface plastic deformation by rolling and smoothing // International Journal of Advanced Academic Studies, - India, 2020; 2(2): p.p. 104-106. ISSN: 2706-8927 (05.00.00; IF 5.12)

II бўлим (II часть; II part)

8. Касимов.Б.М., Муминов М.Р., Шин И.Г. Технологический способ повышения работоспособности батанного механизма станков типа СТБ. - В кн.: «Фан, таълим, ишлаб чиқариш интеграциялашуви шароитида пахта тозалаш тўқимачилик, енгил саноат, матбаа ишлаб чиқариш инновацион технологиялари долзарб муаммолари ва уларнинг ечими». Республика илмий – амалий онлайн тезислар тўплами. Ташкент, 2020 й. 228-232 б.

9. Касимов Б.М., Назаров С.Р., Шин И.Г. Алгоритмизация расчета жадальности остаточных напряжений при дробеударном упрочнении деталей технологическx машин. «Прогрессивные технологии и оборудование:

текстиль, одежда, обувь». Материалы докладов Международного научно-практического симпозиума. Витебск, 2020 г., с. 81-84.

10. Касимов.Б.М., Муминов М.Р., Шин И.Г. Повышение долговечности батанного механизма станков типа СТБ методом дробеударной обработки с поверхностным пластическим деформированием микрошариками. «Пахта тозалаш, тўқимачилик, енгил саноат, матбаа ишлаб чиқариш техника-технологияларни модернизациялаш шароитида иқтидорли ёшларнинг инновацион ғоялари ва ишланмалари». Республика илмий – амалий онлайн тезислар тўплами. Тошкент, 2020 й. 21-24 б.

11. Касимов Б.М., Муминов М.Р. Экспериментальное исследование деформационного упрочнения при дробеударной обработке деталей машин. Материалы докладов 54-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов. Витебск, 2021. - том 2, с. 281-283.

12. Касимов Б.М., Муминов М.Р., Шин И.Г. Определение скрытой энергии деформации на основе термодинамических соотношений при отделочно-упрочняющей обработке. Материалы докладов 54-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов. Витебск, 2021 г. - том 2, с. 283-285

13. Касимов Б.М., Муминов М.Р., Шин И.Г. Уточнение энергетического баланса при ударе твердой сферической частицы по металлической преграде. «Технологик жараёнларни автоматлаштириш тизимларини ишлаб чиқаришнинг ривожланишидаги ўрни ва вазифалари». Республика илмий-амалий анжумани, Фарғона, 2021 й. 42-44 б.

14. Касимов Б.М., Муминов М.Р., Шин И.Г. Комбинированное упрочнение зубьев батана ткацкого станка СТБ. «Пахта, то'қимачилик ва yengil sanoat mahsulotlari sifatini ta'minlashning zamonaviy konsepsiyalari». Halqaro ilmiy – amaliy konferensiya, Namangan, 2021 y. 435-438 б.

15. Касимов Б.М., Шин И.Г., Мамажонов З.Р. Аналитическая оценка влияния жадальности технологических остатчных напряжений в поверхностном слое зубьев на долговечность пильных дисков для джинов. Цифровые технологии, инновационные идеи и перспективы их применения в сфере производства. Международная научно-практическая конференция. Андижан, 2021 г., с. 343-346.

16. Касимов Б.М., Шин И.Г., Муминов М.Р. Анализ напряженного состояния в зоне динамического контакта дроби с упрочняемой поверхностью. «Современные инновационные технологии в легкой промышленности: проблемы и решения» материалы международной научно-практической конференции, Бухара, 2021 г., с. 336-339.

17. Касимов Б.М., Муминов М.Р., Шин И.Г. Определение запасенной энергии деформации по диаграмме деформирования обрабатываемого материала. «Современные инновационные технологии в легкой промышленности: проблемы и решения» материалы международной научно-практической конференции, Бухара, 2021 г., с. 339-342.

18. Касимов Б.М., Шин И.Г., Муминов М.Р. Оценка деформированного состояния поверхностного слоя при дробеударном упрочнении деталей машин.

«Пахта tozalash, to‘qimachilik, yengil sanoat, matbaa ishlab chiqarish texnika-texnologiyalarni modernizatsiyalash sharoitida iqtidorli yoshlarning innovatsion g‘oyalari va ishlanmalari». Respublika ilmiy – amaliy anjumani, Toshkent, 2021 y. 183-185 b.

19. Касимов Б.М. Схематизация и параметры контактного взаимодействия при ударе микрошарика по упрочняемой поверхности. «Пахта tozalash, to‘qimachilik, yengil sanoat, matbaa ishlab chiqarish texnika-texnologiyalarni modernizatsiyalash sharoitida iqtidorli yoshlarning innovatsion g‘oyalari va ishlanmalari». Respublika ilmiy – amaliy anjumani, Toshkent, 2021 y. 186-188 b.

20. Касимов Б.М., Муминов М.Р., Шин И.Г. Поверхностное упрочнение деталей технологических оборудований и моделирование напряженного состояния при дробеударной обработке. Сборник научных трудов Международной научной конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Н.А. Васильева. Часть 1, Москва 2021. С.122-127.

Автореферат « Наманган муҳандислик-технология институти илмий –техника
журнали» таҳриридан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз тилларидаги матнлари
мослиги текширилди (18.06.2022 й).

Босишга рухсат этилди 18.06.2022 й.
Бичими 60×841/16, “Times New Roman”
Гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи 4. Адади: 80 Буюртма: № 155
НамМТИ босмаҳонасида чоп этилди
Наманган шаҳри, Косонсой кўча, 7-уй