

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

БУХОРО МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

ШАРИПОВ ЖАМШИД ОЛИМОВИЧ

**КОМПЛЕКС ИШЛОВ БЕРИШ УСУЛИ БИЛАН ДИСКСИМОН ФРЕЗА
ТИШЛАРИ ЕМИРИЛИШГА БАРДОШЛИГИНИ ОШИРИШ**

**05.02.01-“Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга
термик ва босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар
металлургияси. Камёб, нодир ва радиоактив элементлар технологияси”**

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

Тошкент–2023

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Content of the abstract of dissertation of doctor of philosophy (PhD)

Шарипов Жамшид Олимович

Комплекси ишлов бериш усули билан дисксимон фреза тишлари емирилишга бардошлини ошириш.....3

Шарипов Жамшид Олимович

Повышения износостойкости поверхности зубьев дисковых фрез методом комплексной обработки.....23

Sharipov Jamshid Olimovich

Increasing the resistance of the surface of the teeth of disk milling cutters by the method of complex processing.....43

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works46

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

БУХОРО МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

ШАРИПОВ ЖАМШИД ОЛИМОВИЧ

**КОМПЛЕКС ИШЛОВ БЕРИШ УСУЛИ БИЛАН ДИСКСИМОН ФРЕЗА
ТИШЛАРИ ЕМИРИЛИШГА БАРДОШЛИГИНИ ОШИРИШ**

**05.02.01-“ Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга
термик ва босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металллар
металлургияси. Камёб, нодир ва радиоактив элементлар технологияси ”**

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

Тошкент -2023

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2019.2.PhD/Т1143 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Бухоро муҳандислик–технология институтида бажарилган.

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

Илмий раҳбар:

Тураходжаев Нодир Джахонгирович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Дуняшин Николай Сергеевич
техника фанлари доктори, профессор

Ахмедов Ҳасан Исломович
Техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

Фарғона политехника институти

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.Т.03.04 рақамли Илмий кенгашининг 2023 йил «18» февраль соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент шаҳар, Олмазор тумани, Университет кўчаси 2-уй. Тел./факс: (99871) 227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@edu.uz).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университети Ахборот ресурс марказида танишиш мумкин (304 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси 2-уй. Тел./факс: (99871) 227-10-32).

Диссертация автореферати 2023 йил «4» феврал куни тарқатилган.
(2023 йил «03» февраль № 157 рақамли реестр баённомаси).

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

Ш.Б.Ташбулатов
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш илмий котиби, техника фанлари
бўйича фалсафа доктори, PhD

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

КИРИШ(фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунёда машинасозлик соҳасида мураккаб тузилишли, ишлов бериш қийин бўлган материал қотишмаларидан турли деталлар ишлаб чиқаришда қўлланилади. Бундай қотишмаларга ишлов бериш учун кесишнинг талаб қилинадиган бурчакларини ва қириндининг тўсиқсиз олиб ташланишини таъминлайдиган махсус геометрияли фрезалардан фойдаланилади. Шу билан бирга ион плазмали яъни кимёвий-термик ишлов бериш ва қоплама қоплаш йўли билан ишлов беришга асосланган усуллар ёрдамида кесувчи асбобнинг ишчи юза қатламини модификациялашга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бугунги кунда ривожланган давлатларда деталларни кесиб ишлов бериш билан ишлаб чиқариш асосий харажатларни катта қисмини ташкил этади. Бу борада, кесувчи асбобларни турғунлигини ошириш учун ишлов берилишларнинг бир нечасини кетма-кет қўллаб, комплекс ишлов беришнинг мақбул технологияларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади.

Жаҳоннинг ривожланган давлатларида машинасозлик саноатида кесувчи асбобларнинг турғунлигини, кесиш жараёнидаги қонуниятлар, унинг емирилишга, ишқаланишга, иссиқликка бардошлигини ошириш учун ион плазмали таъсир этиш йўли билан ишлов беришга асосланган усуллар ёрдамида юза қатламини модификациялаш бўйича кўплаб илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада, хусусан, кесувчи асбобларнинг юзасига қопланган қопламанинг хизмат муддатини ошириш ва таг қуйма билан адгезиясини яхшилаш учун кимёвий-термик ишлов беришларни қўллаб мустаҳкамлашга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда охириги йилларда машинасозлик саноати технологияси жадаллик билан ривожланиб, деталларни маҳаллийлаштириш ҳисобига ушбу соҳада импорт қилинадиган маҳсулотлар улушини сезиларли даражада камайтириш, ресурс тежамкорликни таъминловчи мавжуд технологияларни такомиллаштириш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борилиб, бунда чет эл тажрибаларидан самарали фойдаланиш борасида бир қанча ишлар амалга оширилмоқда. Янги Ўзбекистонни янада ривожлантириш бўйича тараққиёт стратегиясида «иктисодийга инновацияларни кенг жорий қилиш, саноат корхоналари илм-фан муассасаларининг кооперация алоқаларини ривожлантириш»¹ вазифалари белгилаб берилган. Бу борада машинасозлик саноатида кесувчи асбобларга комплекс ишлов бериш усули билан уларнинг турғунлигини ошириш бўйича илмий-тадқиқот ишлари олиб бориш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 24 августдаги №ПҚ-4426-сон «Давлат ва хўжалик бошқаруви органлари ва маҳаллий ижро этувчи ҳокимият органларининг ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштириш ҳамда ишлаб чиқариш соҳасида кооперацияни жадаллаштиришнинг янги тизимини жорий

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-61-сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги Фармони

этишдаги масъулиятини янада ошириш тўғрисида»ги, 2019 йил 4 октябрдаги №ПҚ-4477-сон «Ўзбекистон Республикасининг 2019-2030 йилларга мўлжалланган «яшил» иқтисодиётга ўтиш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида»ги, 2020 йил 15 мартдаги №ПҚ-6079-сон «Рақамли Ўзбекистон - 2030» Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа норматив-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг Республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот Республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. «Энергетика, энергия ва ресурс тежамкорлик» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Кесувчи асбобларнинг турғунлигини, кесиш жараёнидаги қонуниятлар, унинг емирилишга, ишқаланишга, коррозияга, иссиқликка бардошлигини ошириш бўйича J.Lin, M.O'Hara, M.Gueye, S.Ammar-Merah, N.Nemati, C.M.Koller, S.A.Glatz, L.Rassouli M.Azadi, Y.Cheng, D.Shao, J.Zhang, Y.X.Wang, J.Mu, K.Bobzin, B.Knasiene, B.Lenz, M.Naeem, Alessandro Togni, В.П.Табаков, А.С.Верещака, С.Н.Григорьев, А.А.Верещака, С.В.Фёдоров, А.В.Исаев ва бошқалар олимлар томонидан кўплаб тадқиқотлар олиб борилган.

Республикамиз олимларидан Ж.Е.Алиқулов, В.А.Мирбобоев, М.Т.Балабеков, Ф.Ю.Якубов, Т.У.Умаров, Э.О.Умаров, А.А.Абдурахмонов, Н.С.Абдуллахонов, Ш.А.Каримов, К.А.Каримов, Т.У.Ҳолиқбердиев, А.Н.Ҳошимов, К.Б.Усмоновлар, Ҳ.И.Жалилов, Б.Т.Мардонов ва бошқалар томонидан бир қанча илмий тадқиқот ишлари олиб борилган ва ишлаб чиқаришга тавсия этилган.

Улар тамонидан кесувчи асбоб юза қатламининг мустаҳкамлигини оширишда, янги таркибли қатлам ҳосил қилиш, механик ишлов беришда иссиқликнинг энергетик балансларини илмий назарияси ва уларни янги турларини олиш технологиялари яратилган.

Шу билан бирга Республикамизда кесувчи асбобларнинг турғунлигини, кесиш жараёнидаги қонуниятлар, уларнинг емирилишга, ишқаланишга, иссиқликка бардошлигини ошириш учун ион плазмали таъсир этиш йўли билан ишлов беришга асосланган усуллар ёрдамида юза қатламини модификациялаш бўйича илмий ишлар етарлича олиб борилмаган.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Бухоро муҳандислик-технология институти илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ ОТ-Атех-2018-373 «Лазер нури ёрдамида чигит ва пахта уруғларини ажратиш технологик машиналарининг арра цилиндрли мосламасининг ишчи қисмининг арра тишларини кесиш технологиясини ишлаб чиқиш» (2018-2020 й.й.) амалий лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади мураккаб тузилишли материалларни фрезалашда, тез кесар асбобсозлик пўлатли дисксимон фрезага комплекс ишлов бериб, унинг тишларини емирилишга бардошлини оширишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

мураккаб тузилишли материалларни фрезалашда, тез кесар асбобсозлик пўлатли дисксимон фрезага комплекс ишлов беришнинг мақбул технологиясини ишлаб чиқиш;

кесувчи асбобларнинг юзасига кимёвий–термик ишлов беришларнинг мақбул режимларини ишлаб чиқиш;

юзаси термик кимёвий ишлов берилган, электрон нурлар билан модификациялаб легирланган ва қоплама қопланган дисксимон фрезанинг кесиш хусусиятларига ва тишлар емирилишига таъсирини аниқлаш;

юзаси кўп қатламли қоплама қопланган дисксимон фрезанинг кесиш хусусиятларига ва тишлар емирилишига таъсирини тадқиқ қилиш;

юза қатлами модификацияланган тез кесар пўлатли дисксимон фрезага қопланган турли қопламаларнинг барқарорлигини, ишга лаёқатлилиги ҳамда уларнинг бардошлилигини баҳолаш;

Тадқиқотнинг объекти сифатида 34ХН1МА маркали хром-никелли қотишмали наноконпонентли композицион наноструктурали қопламали кесувчи асбоблар олинган.

Тадқиқотнинг предмети сифатида 34ХН1МА маркали хром-никелли қотишмаларни фрезалашда кўп конпонентли композицион наноструктурали кесувчи асбобларни олиш технологияси ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишида кўп қатламли ва комплекс ишлов берилган Р6М5 тез кесар асбобсозлик пўлатли дисксимон фрезаларнинг кесиш жараёнида физик-механик ва бошқа-техник хоссаларини синаш. Тадқиқот объектларини олишда ион-азотлаш СТАНКИН АПП-2, ион-легирлаш “Ритм-СП” ва қоплама қоплаш Platit π311 қурилмасида амалга оширилди. Емирилишга бардошлилигини синаш жараёнлари ФУС-32 фрезалаш дастгоҳида ўтказилди. Кесувчи асбобнинг юза қатлами тузилишини ўрганишда металлографик усулда (оптик микроскоп CarlZeissAxio, микроқаттиқликни ўлчаш Polyvar-Met, микроскоп MicroCADlite), рентгенотузилиш усулида (Дрон-УМ), рентгеноспектрал усулида (рентгенли спектрометр FisherXULMXYm ва spektroLAB) ва электронмикроскопик (сканерловчи электрон микроскоп VEGA 3 LMN TESCAN компанияси) усулларидадан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгиллиги қуйидагилардан иборат:

34ХН1МА маркали мураккаб тузилишли, ишлов бериш қийин бўлган материални фрезалашда, илк бор Р6М5 тез кесар асбобсозлик пўлатли кесувчи асбобга комплекс ишлов бериш-дастлаб ион-азотлаш, ион–легирлаш ва кесувчи

асбобнинг функционал юзасини емирилишга бардошли қоплама қоплаш технологияси ишлаб чиқилган;

кесувчи асбобларнинг юзасига кимёвий–термик ишлов бериш дастлаб ион-азотлаш икки поғонали вакуум ёйли разрядда 490 °С ҳароратда, 30 минут вақт давомийлиги ва 80/20 % азот/аргон муҳитида, сўнгра, ион-легирлаш Nb₇₀Hf₃₀ элементлари орқали электрон импульсларнинг чақнаш вақти 5 мкс да, такрорийлиги эса 5-6 марта, жараёни 15 минут вақт давоми режими композициясида таг қўйманинг мустаҳкамланиш қонуниятлари асосида ишлаб чиқилган;

юзаси (ион-азотлаш+(TiAl)N, ион-азотлаш+(TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N (nATCrO³)) кимёвий–термик ишлов бериш ва қоплама қопланган дисксимон фрезанинг 34ХН1МА маркали иссиқбардош материалга ишлов беришда кесиш хусусиятларига ва тишлар емирилишига таъсири, кесув асбоб ташқи диаметрлари, массалари ва микроскопдаги кўринишлари орқали аниқланган;

юзаси (ион-азотлаш+легирлаш(NbHf)+(TiAl)N) кимёвий–термик ишлов берилган, электрон нурлар билан модификациялаб легирланган ва қоплама қопланган дисксимон фрезанинг 34ХН1МА маркали қотишмага ишлов беришда кесиш хусусиятларига ва тишлар емирилишига таъсири аниқланган;

юзаси кўп қатламли (TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N(nATCrO³), олмоссимон ва (TiAl)N қоплама қопланган дисксимон фрезанинг 34ХН1МА маркали мураккаб тузилишли материални юқори кесиш режими фрезалашда, кесиш хусусиятларига ва тишлар емирилишига таъсири, кесув асбоб ташқи диаметрлари, массалари ва микроскопдаги кўринишлари орқали аниқланган;

Қуйма усулида олинган 34ХН1МА материалга ишлов беришда кескич ўзаклари тиғини емирилишга бардошли қоплама қоплаш мақбул режимлари, физикавий усулда 480 °С ҳароратда, 3 соат вақт давомийлигида кесувчи асбоб юзасини емирилишга бардошлигини ошириш қонуниятлари асосида ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

таклиф этилаётган кесувчи асбоб тез кесар пўлатли Р6М5 дисксимон фрезага комплекс ишлов бериш, дастлаб ион-азотлаш турли таркибларда, электрон нурлар асосида легирлаш ва охириги емирилишга бардош вакуум ёйли қоплама қоплаш жараёнларини мақбул шароитлари кесувчи асбоб турғунлиги бўйича ишлаб чиқилган;

кесувчи асбобнинг юкланиш шароитларини ҳисобга олган ҳолда, комплекс ишлов бериш, тез кесар пўлатли дисксимон фрезани юза қатламида оптимал тузилишни ва хусусиятлари аниқланган;

кесувчи асбобга комплекс ишлов бериш жараёнларининг мақбул шароити ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларнинг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги тадқиқ қилинган муаммо соҳасида маълум назарий, экспериментал

тадқиқотларнинг мослиги, изланишларнинг айрим қисмлари соҳа бўйича ривожланган тадқиқот лабораториясининг, яъни Москва давлат технология университети “СТАНКИН”нинг замонавий услуб ва воситалардан фойдаланган ҳолда асосли танланганлиги, ўтказилган апробациялар Республикамиз саноатининг йирик ишлаб чиқариш корхонаси Навоий кон металлургия комбинатига қарашли “Навоий машинасозлик заводи”да жорий этилганлиги, натижаларнинг ижобийлиги, уларнинг ўрганилган фан соҳасидаги маълумотлар билан қиёсий таҳлил қилинганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти кимёвий-термик ишлов бериш ва қоплама қоплаш технологиясининг илғор технологиясидан фойдаланиб кесувчи асбобнинг емирилишга бардошлиги оширилганлиги, Р6М5 тез кесар кесувчи асбобнинг ишлаш самарадорлигининг оширишни илмий асоси яратилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти комплекс ишлов берилган ва кўп қатламли дисксимон фрезалар турларининг хоссаларини ўрганиш ва комплекс ишлов бериш асосида уларнинг таг қуйма асосини пластик деформацияланишини камайтириш ҳисобига, емирилишга бардош кесувчи асбоблар машинасозлик корхоналарида хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Комплекс ишлов бериш усули билан дисксимон фреза тишлари турғунлигини ошириш учун технологик жараёнлардан ўтган яъни ион-азотлаш, ион-легирлаш ва емирилишга бардошли қоплама қоплаш орқали кесувчи асбобларни емирилишга бардошлилиги ишлаб чиқариш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

- Р6М5 тез кесар асбобсозлик пўлатли дисксимон фрезага дастлаб ион-азотлаш+ ион-легирлаш(NbHf)+(TiAl)N янги таркибли комплекс ишлов бериш технологияси натижасида дастлабгига қараганда емирилишга бардошлиги 5 мартага, дастгоҳнинг иш унумдорлиги 18% га ошириш имконини берди;
- Р6М5 тез кесар асбобсозлик пўлатли дисксимон фрезага дастлаб ион-азотлаш+(TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N (nATCrO³) янги таркибли қоплама қоплаб ишлов бериш технологияси дастлабгига қараганда емирилишга бардошлиги 3 мартага, дастгоҳнинг иш унумдорлигини 12% га ошириш имконини берди;
- Р6М5 тез кесар асбобсозлик пўлатли дисксимон фрезага (TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N (nATCrO³) янги таркибли қоплама қоплаб ишлов бериш технологияси дастлабгига қараганда емирилишга бардошлиги 2 мартага, дастгоҳнинг иш унумдорлигини 9% га ошириш имконини берди;
- комплекс ишлов бериш усули билан дисксимон фреза тишлари турғунлигини ошириш учун технологик жараёнлардан ўтган яъни ион-азотлаш, ион-легирлаш ва емирилишга бардошли қоплама қоплаш орқали

кесувчи асбобларни емирилишга бардошлилиги ишлаб чиқариш бўйича олинган илмий натижалар асосида комплекс ишлов бериш усули билан дисксимон фрезалар тишларининг турғунлигини, емирилишга бардошлилигини ошириш технологияси «Навоий машинасозлик заводи» ИЧБда амалиётга жорий этилган («Навоий кон металлургия комбинати» ДК нинг 2021 йил 15 ноябрдаги № 02-06-01/11036-сон маълумотномаси). Натижада дисксимон фреза тишлари турғунлигини ва емирилишга бардошлилигини ошириш имконини берган. Натижада Р6М5 кесувчи асбобининг ишлаш самарадорлигининг 20% ва унумдорлигини 10% ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 4 та халқаро ва 8 та республика илмий-амалий анжуманларида маъруза қилинган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича 24 та илмий ишлар чоп этилган бўлиб, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан диссертацияларнинг асосий илмий натижаларини чоп этилиши тавсия қилинган илмий нашрларда 8 та мақола, жумладан (2 таси SCOPUS базасидаги) 4 таси хорий журналларда чоп этилган.

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

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари асосланган, тадқиқот объекти ва предметлари тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён этилган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар, диссертация тузилиши ва ҳажми ҳақида маълумотлар берилган.

Диссертациянинг «**Олмоссимон қопламалар. Қопламаларнинг қоплашиш усуллари, хоссалари, уларнинг ишлатилиши**» деб номланган биринчи бобида ҳозирги вақтда кесувчи асбобларнинг ишлаш қобилиятини ва турғунлигини оширишнинг усуллари, қопламалар турлари, физикавий чўктириш усулида қоплама қоплашнинг афзалликлари, кесувчи асбобларга қоплама қоплашнинг зарурати ҳақида маълумотлар берилган.

Емирилишнинг даврларга боғлиқлиги графиклар орқали ёритишга ҳаракат қилинган. Емирилишга чидамли қопламалар таркиби ва уларни тез кесар асбобларга қоплаш технологиясини илмий асоси ва кесувчи асбобларга турли элементларни қоплаган олимлар тадқиқоти таҳлили берилган. Олмоссимон қопламалар, хоссалари, тузилиши ва уларнинг ишлатилиши. Комплекс ишлов берилган кесувчи асбобларнинг микроқаттиқликлари келтирилган.

Диссертациянинг «Илмий тадқиқот иши объекти, қўлланилган материаллар ва тадқиқотлар усуллари» деб номланган иккинчи бобида илмий тадқиқот иши объекти, илмий тадқиқот ишида қўлланилган кесувчи асбоб материаллари, унинг хоссалари, кимёвий таркиби ва уларга қопланган қопламалар келтирилган.

$\alpha\text{-TiCrO}_3$ қопламаси Platit $\pi 311$ қурилмасида чўктирилганлиги. Platit $\pi 311$ қурилмасининг катодга плазмадан келадиган солиштирма қуввати $1,1 \cdot 10^4$ ВТ/м² га тенг. Тадқиқотлардан кўринадикки, титан катод деворининг 20 мм қалинлигида юза ҳарорати 35–40°C га тенг бўлиши мумкин. Магнит майдони индукциясининг катод юзасига тангенциал компоненти $B=11-12$ мТл қийматга эга. Магнит майдони индукциясининг катод юзасига нормал компоненти $B=12-14$ мТл қийматга эга. Қопламалар азот ва ток разрядининг тенг босимида чўктирилди. Чанглатиш вақтида азотнинг босими $2 \cdot 10^{-1}$ Па, ток разряди 120А, кучланиш 24 В ни ташкил этди. Иккала қурилма учун қопламаларнинг қалинлиги 4 мкм ни ташкил этди. Қопламаларни қоплаш учун тоза Cr ва AlSi(88:12%) металл қотишмалари катоддан фойдаланилди. Аргон ионлари билан тозалаш аргоннинг ион боғламида анод кучланиши 800/200В ва ток 0,5А бўлганда, 20 минут давомида амалга оширилганлиги келтирилган.

Қопламаларнинг хоссаларини ўрганиш усуллари. Рентген ёрдамида фотоэлектрон спектроскопияси, ишлов берилган тайёрланма маркаси, таркиби ва кесиш кучлари формулалари келтирилган.

Диссертациянинг «Р6М5 тез кесар асбобсозлик пўлатига вакуум-ёйли разрядли газли плазмада ион-азотлаш ва паст энергияли кучли токли электрон нурлари орқали ион-легирлаш усуллари ўрганиш» деб номланган учинчи бобида кесувчи асбобларни ион-азотлаш, ион-легирлаш жараёнлари кимёвий-термик ишлов бериш келтирилган. Кимёвий-термик ишлов бериш юзанинг кимёвий таркиби, тузилиши ва хусусиятларининг ўзгаришига олиб келиши масаласи кўриб чиқилган. Азотланган қатламнинг фазавий таркиби ва тузилиши. Азотланган қатлам тузилишининг емирилишга чидамли тез кесар асбобсозлик пўлатдаги қоплама адгезия боғининг мустаҳкамлиги ва асбобнинг ишлашига таъсири ўрганилган.

Азотланган қатламнинг микроқаттиқлиги ва қалинлигини ўрганилган. Кимёвий-термик ишлов беришнинг иккинчи қатлами ион-легирлаш РИТМ-СП қурилмасида паст энергияли кучли токли электрон нурлари орқали амалга оширилганлиги. Анъанавий усулларга муқобил сифатида паст энергияли кучли токли электрон нурларидан (ПЭКТЭН) фойдаланган ҳолда пўлат ёки тез кесар асбобларда емирилишга чидамлилиги юқори бўлган микрон қалинлигидаги легирланган юза қатламнинг яратилиши бўлиши бўлди. Тез кесар пўлатнинг юза олди қатламида NbHf қотишма қатламини олиш учун емирилишга чидамли стехиометриксиз карбидлар қатламини ҳосил қилиш мақсадида намуналарга магнетрон ёрдамида юпқа, қалинлиги 150-250 нм бўлган қоплама қопланди.

Генерация ва транспортировканинг бундай схемасидан фойдаланиш токнинг зичлиги 104 A/cm^2 гача ва электронлар энергияси 15–30 кэВ бўлган микросекунд узунликдаги коллектор нури олиш имкониятини яратади. Бир вақтнинг ўзида нишонни қайта ишлаш майдони нурнинг диаметрига тенг бўлиб 50 дан 100 cm^2 ни ташкил этиши мумкин. Материалларни ион билан легирлаш, ёки бошқача қилиб айтганда ионни киритиш ва ион инплантацияси ҳозирги вақтда материалларнинг юза қатламларининг электрфизикавий, кимёвий, оптик, механикавий ва бошқа хусусиятларини модификациялаш учун қўлланадиган асосий технологик жараёнга айланмоқда.

Ушбу афзалликларга қуйидагилар киради: универсаллик, яъни ҳар қандай материалга ҳар қандай қоришмани киритиш мумкинлиги; таъсирнинг локаллиги; юза остини иситмаслик; аралашмаларни қатъий дозалаш имконияти; бошқаришнинг соддалиги; киритилаётган аралашмаларнинг тозаллиги ва бошқалар.

Диссертациянинг «**Комплекс ишлов бериб, юза қатлами модификацияланган Р6М5 тез кесар асбобсозлик пўлатли кесувчи асбобларни кесиш қобилиятига таъсири**» деб номланган тўртинчи бобида комплекс ишлов бериш-термик, кимёвий-термик, қоплама қоплаш ва бошқа бир қанча жараёнларнинг уйғунлиги ҳисобланиши, кесувчи асбоб юзасини ўзгартирувчи ҳар бир усуллар, таъсир этувчи заррачаларнинг энергия даражасига ва уларнинг хусусиятларига қараб, ишлов берилган сирт билан ўзаро таъсирнинг ҳар хил хусусиятларини намоён этиши келтирилган.

Дастлаб кесувчи асбобни қайта ишлашдан олдин MicroCADlite қурилмасида (GFM, Germaniya) дисксимон фрезаларнинг геометрик параметрларини, асосий бурчакларини ва кесиш четининг эгилиш(ўтмаслашиш) радиусини назорат қилиш ва ўлчаш амалга оширилди. Тез кесар Р6М5 асбобсозлик пўлатли дисксимон фрезага комплекс ишлов бериш- дастлаб икки поғонали вакуум-ёйли разрядда ион-азотлаш СТАНКН-АПП-2, паст энергияли кучли токли электрон нурлари орқали ион-легираш РИТМ-СП, емирилишга бардошли қоплама қоплаш Platit $\pi 311$ қурилмасида амалга оширилганлиги келтирилган.

Тез кесар кесувчи асбобларга комплекс ишлов бериш учун оптимал режимларни танланган. Комплекс ишлов бериш усулларини оптималлаштиришда ионли азотлаш режимларини ҳам, Олмоссимон, ион-азотлаш+(TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N, (TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N ($n\text{ATCrO}^3$), ион-азотлаш+ ион-легираш (NbHf)+(TiAl)N, (TiAl)N, ион-азотлаш+(TiAl)N емирилишга чидамли қопламасини қоплашнинг кейинги жараёнини ҳам ҳисобга оладиган комплекс ёндашув талаб қилинади. Тадқиқотлар ўтказилганда, комбинацияланган ион-плазма билан ишлов беришнинг оптимал режимлари деганда, кесиш жараёнида асбобнинг жадал емирилишининг минимал даражасини таъминловчи режимлари тушунилган. Комплекс ишлов берилган тез кесар асбобнинг емирилиш тезлиги қуйидаги формула бўйича баҳоланди:

$$J = \frac{h_3}{V \cdot T}$$

Бунда: h_3 –асбоб орқа юзаси емирилиш фаскасининг ўртача кенглиги;
 V –кесиш тезлиги; T –орқа юза емирилиши белгиланган фаскасини ўрнатгунга қадар фрезанинг ишлаш вақти ($h_3=0,4$ мм).

Емирилишга чидамли қопламани қоплаш режимларидан, биринчи навбатда, ҳосил бўлаётган қоплама қалинлигига таъсир кўрсатувчи қоплаш вақтини ҳисобга олиш керак. Емирилишга чидамли қопламанинг қалинлиги, ҳаттоки, қоплама таркиби оптимал равишда танланганда ҳам жуда қарама –қарши омиллар пайдо бўлиши мумкин. Бир томондан, қоплама қалинлигининг ўсиши кесувчи асбоб алоқа майдонларининг емирилишга чидамлилиги ошишига таъсир кўрсатади, бошқа томондан–қопламадаги нуқсонлар сонининг сезиларли ўсиши, қопламанинг асбоб материалига ёпишиш кучининг пасайиши ва қопламанинг эластопластик деформацияларга қаршилиқ кўрсатиш қобилиятининг пасайишига олиб келади. Кесувчи асбобнинг цикли юкланиш шароитида ишлаши пайтида қопламанинг қалинлиги 4,5 мкм ошиши, айниқса, салбий таъсир кўрсатади.

Ушбу ишда, комплекс ишлов бериш режимларини оптималлаштириш учун кўп омилли регрессион моделдан фойдаланилган, у асбобнинг емирилиш тезлиги– J ва ишлов бериш режимлари– $t_A, \tau_A, k_N, \tau_{(Ti,Al)N}$ орасидаги ўзаро алоқани ўрнатган:

$$J = C_J \cdot t_A^{x_J} \cdot \tau_A^{y_J} \cdot k_N^{z_J} \cdot \tau_{(Ti,Al)N}^{mq}$$

Бунда: $x_J, y_J, z_J; mq$ – $t_A, \tau_A, k_N, \tau_{(Ti,Al)N}$ омилларининг J емирилиш тезлигига таъсири даражасини ҳисобга олувчи кўрсаткичлар; C_J –доимий кўрсаткич.



Р6М5 асбобсозлик пўлати фрезалаш вақтида емирилишнинг минимал тезлигига эга бўлган комплекс ишлов беришдан сўнг.

1- расм. Намунанинг юза қатлами микротузилиши.

Технологик тизимнинг титрашини камайтириш мақсадида унинг бикирлиги оширилганда, кесувчи асбобнинг емирилиши сезиларли миқдорда камаяди. Асбобни узунасига фрезалаш операциялари учун текширишда кесиш режимлари қуйидагича ўзгариб турилди: Экспериментал маълумотлар ва ҳисоб-китобларни математик қайта ишлангандан сўнг, конструкцион пўлатларга ишлов бериш ва

фрезалашда асбобнинг минимал емирилиш тезлигини таъминлайдиган тез кесар асбобга комплекс ишлов бериш режимларининг қийматлари топилди.

Металлография тадқиқотлари шуни кўрсатдики, асбобнинг минимал емирилиш тезлигини таъминловчи комплекс ишлов бериш режимларида ҳосил бўладиган емирилишга чидамли қатлам қуйидаги тавсифларга мос келади: албатта, оптимал режимлар айнан шу ҳолат учун келтирилган (1-расм).

Тез кесар асбобсозлик пўлатли дисксимон фреза юзасига комплекс ишлов бериш жараён омиллари келтирилган. Ишлов бериш кесувчи асбобларни дастлаб ион-азотлаш СТАНКИН АПП-2 типидagi қурилма ёрдамида икки босқичли вакуум-ёйли газ разряди ёрдамида амалга оширилди. Ишлов бериш 30 дақиқа давомида 480°C ҳароратда ўтказилди, бу эса юза қисмида қалинлиги 80 мкм гача бўлган термохимий мустаҳкамланган ва микро қаттиқлиги $\text{HV}_{50}=115$ МПа гача бўлган қатламни яратишга имкон берди (2-расм).



2-расм. Комплекс ишлов берилган дисксимон фреза

Микроқаттиқлиги $\text{HV}_{50}=350$ МПа бўлган емирилишга чидамли pATCrO_3 қопламаси Platit фирмасининг $\pi 311$ қурилмасида қопланди. Бу қоплама $(\text{TiAl})\text{N}$ ва $(\text{nc-AlTiCrN/a-Si}_3\text{N}_4)$ кўп қатламли нанокөмпозитнинг комплекси ҳисобланади. Бундай қурилманинг имкониятлари. Емирилишга чидамли қопламани қоплашдан олдин баъзи намуналар юза қатламли ион-легирилди. Ишлов бериш РИТМ-СП паст энергияга эга кучли токли электрон манбаи, ҳамда битта вакуум камерада магнетронли пуркагичнинг иккита тизими уйғунлаштирилган қурилмасида ўтказилди. Қурилма керакли материал юзасига қопламаларни қоплаш ва кейинчалик қоплама ва юза ости материалларини кучли импульсли электрон нурлари билан суяқ фазали аралаштиришни таъминлайди. ПЭКТЭН генерацияси электронлар эмиссиясини, плазма билан тўлдирилган диодда нур ҳосил бўлишини ва уни плазма каналида ташишни ўз ичига олади.

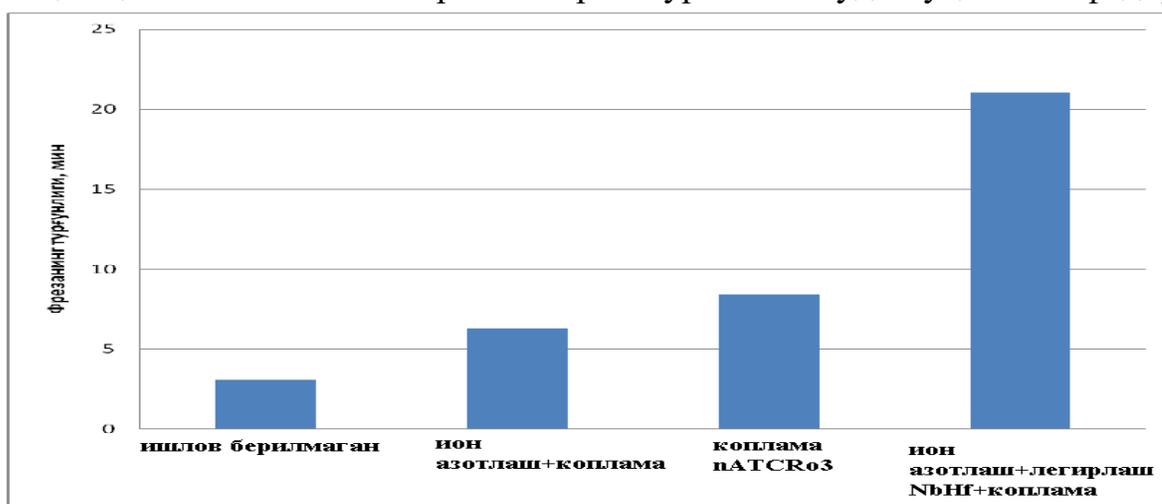
Генерациянинг бундай схемасини қабул қилиш 15-30 кВт тезлашаётган кучланишда, $105 \text{ A}/\text{cm}^2$ ток зичлиги билан (тахминан 5 μs) бўлган микросонияли давомийликда нурни олиш имконини беради. Бунда, бир марталик ишлов бериш майдони тахминан 50 cm^2 ни ташкил қилади. Модификацияланган пўлат тузилма олинadиган юза қатлами остидаги чуқурлик легирилган таркибига қараб, 2-10 μm ни ташкил этади. 4.5а-расмда Р6М5 тез кесар асбобсозлик пўлатли нитрид намунаси юзасига энергия зичлиги $4,5 \text{ Дж}/\text{cm}^2$ ва давомийлиги 5 μs бўлган бир

қатор ПЭКТЭН импульслари сериясининг таъсири кўрсатилган. Электрон нурнинг иссиқлик эффекти юқори металл қатлами нафақат эриши учун, балки карбид компонентини очиб, фаол буғланиши учун ҳам етарлидир.

Кесувчи асбобдан турли шароитларда фойдаланиш учун олмоссимон, ион-азотлаш+(TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N, (TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N ($n\text{ATCrO}_3$), ион-азотлаш+ион-легирлаш(NbHf)+(TiAl)N, (TiAl)N, ион-азотлаш+(TiAl)N емирилишга чидамли қопламалар таркибини оптималлаштирилган.

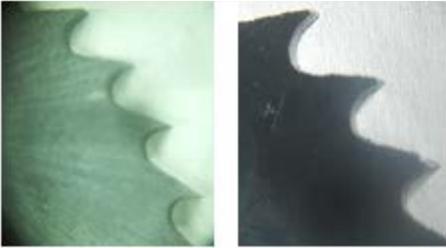
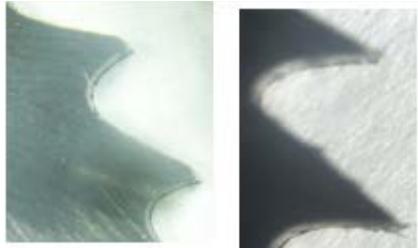
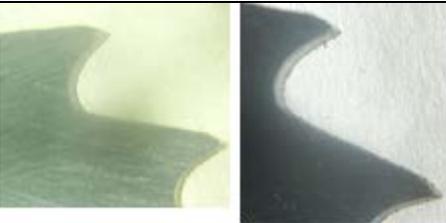
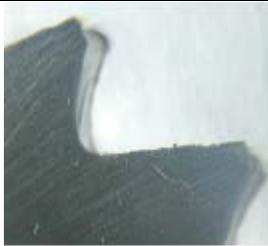
Алюминий таркибига қараб, қопламаларнинг микро қаттиқлиги 9,8 дан 41,2 kH/mm^2 оралиғида бўлади. У алюминий таркибининг кўпайиши билан ўсади ва қопламада~улуши 65% AlN да ўз максимумига етади, 75 мас. % AlN дан кейин эса кескин пасаяди, TiN даражасидан анча паст (9,8 kH/mm^2 гача).

Комплекс ишлов берилган Р6М5 тез кесар асбобсозлик пўлатининг ишлаб чиқаришда қўлланиши. Комплекс ишлов берилган кесувчи асбобни ишлаб чиқариш қиймати ишлов берилмаган кесувчи асбоблар нархидан анча баланд, шунинг учун унинг эксплуатацияси шартлари ҳар хил бўлиши керак. Комплекс ишлов беришдан фойдаланишнинг асосий иқтисодий самарасига дастгоҳларнинг иш унумдорлигини сезиларли даражада ошириш, яъни кесиш режимларининг оширилиши, кесувчи асбобларни ўзгартириш ва созлашда тўхтаб туришлар сонини камайтириш, шунингдек комплекс қайта ишлов бериш нархи асбобнинг нархига нисбатан унча қиммат бўлмаган ҳолда, арзонроқ пўлат ва қиммат кесувчи асбобни қайта ишлаш ҳисобига эришиш мумкин. Комплекс қайта ишлов берилган тез кесар асбобнинг емирилиш хусусиятларини аниқлаш, шунингдек уни эксплуатация қилишнинг оптимал режимларини ўрнатиш жуда муҳим вазифадир



3-расм. Турли хил ишлов берилган тез кесар дисксимон фрезаларнинг турғунлиги..

Юза қатлами ўзгартирилиб, мустаҳкамланган кесувчи асбоблардан фойдаланишда тайёрланма юзасидаги ғадир–будирлик ($R_a=0.32$ мкм) аниқ кўрсаткичлар билан пасаяди ва ГОСТ2789 талабларига мос келади.

	
Ишлов беришдан олдинги ва кейинги кескичнинг кўриниши (ион-азотлаш+(TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N)	Ишлов беришдан олдинги ва кейинги кескичнинг кўриниши (Олмоссимон қоплама DLC)
	
Ишлов беришдан олдинги ва кейинги кескичнинг кўриниши (ион-азотлаш+ион-легираш+ (TiAl)N)	Ишлов беришдан олдинги ва кейинги кескичнинг кўриниши ((TiAl)N қоплама қопланган)
	
Ишлов беришдан олдинги ва кейинги кескичнинг кўриниши (ион-азотлаш+(TiAl)N)	Ишлов беришдан олдинги ва кейинги кескичнинг кўриниши ((TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N (Nacro ³) қопламали)
	
Ишлов беришдан олдинги ва кейинги кескичнинг кўриниши (ишлов берилмаган P6M5 кесувчи асбоб)	

P6M5 тез кесар асбобсозлик пўлатли дисксимон фрезаларга Москва Давлат Технология Университети “СТАНКИН”да барча ишловлар берилгандан сўнг, синов ишлари «Навоий кон металлургия комбинати» Навоий машинасозлик заводи, Асбобсозлик цехида ўтказилди (3-расм).

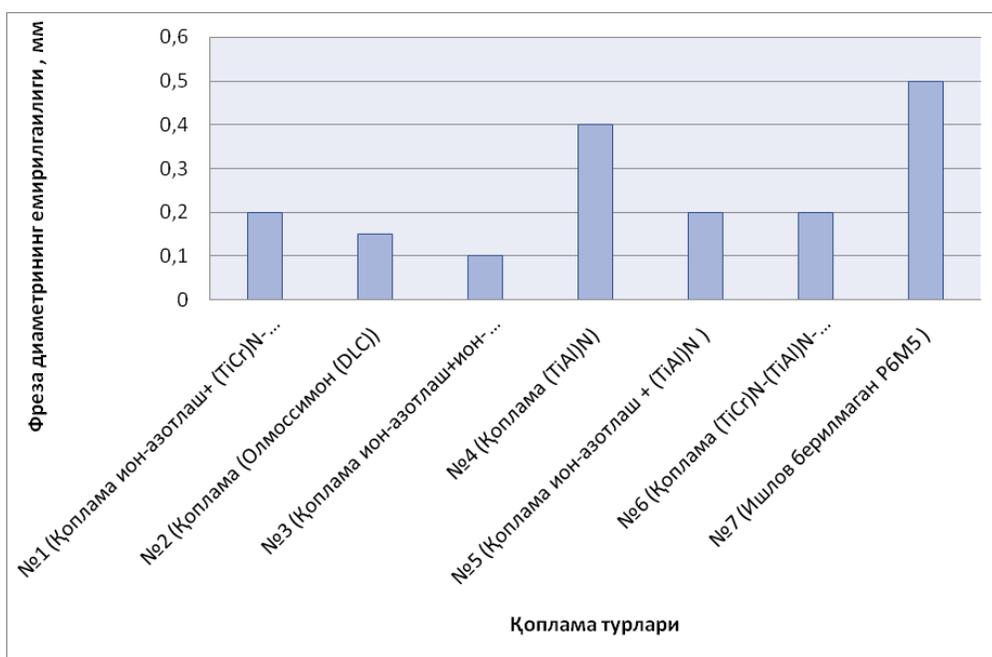
4-расм. Дисксимон фрезаларнинг ишлов беришдан олдинги ва кейинги ишларнинг профили.

P6M5 тез кесар асбобсозлик пўлатли дисксимон фрезаларнинг емирилиши бўйича олиб борилган тадқиқотлар шуни кўрсатадики, электро-нурли ион-

легирлаш билан бирга емирилишга бардош қопламалар қоплашни қўллаш кесувчи асбобларнинг емирилиш жараёнига катта таъсир кўрсатади. Емирилишга бардошлик синовлари иссиққа бардош, никел-хромли, болғаланган 34ХН1МА маркали қотишмада, кесиш тезлиги $v=10$ м/мин, суриш $s=0.110$ мм/айл, кесиш чуқурлиги $t=3$ мм. Синов ишлари натижалари юқорида келтирилган.

Маълумки, тез кесар асбобсозлик пўлатнинг метал билан тўғридан-тўғри алоқа зонасида ҳароратнинг аста-секин кўтарилиши кесувчи асбоб тиғининг емирилишини жадаллашишига сабабчи бўлади. Синов ишларини бажаришда диаметри $\varnothing 50$ мм Р6М5 тез кесар асбобсозлик пўлатли фрезалар танланиб ФУС-32 маркали фрезалаш дастгоҳида 34ХН1МА маркали қотишмага ишлов берилганда фреза шакллари қуйидаги ҳолга келди. Дисксимон фрезаларнинг Навоий машинасозлик заводининг марказий лабораториясидаги МИМ микроскоп орқали ишлов беришдан олдинги ва ишлов беришдан кейин фреза шакллари тасвирга олинди. Комплекс ишлов берилган дисксимон фрезалар билан оддий ишлов берилмаган ва (TiAl)N қопламалар орасида катта тафовут намоён бўлди (4-расм).

Расмдан кўриниб турибдики, фрезаларни микроскопдаги кўринишидан, комплекс ишлов берилган фрезаларда кесувчи қирралар кўп ейилмаганлиги аниқланди. Емирилишга бардош қопламали кесувчи асбобларга дастлабки ишлов бериш, шу жумладан ион-азотлаш, юзани ион-легирлаш кесувчи асбоб чўққисининг емирилишини секинлашишини таъминлайди ва тиғнинг ўтмаслашишини камайтиради. Бунинг сабаби шундаки, қоплама остидаги хусусиятлари ўзгартирилган таг қуйма қатлам кимёвий жиҳатдан пассив ва ишлов берилувчи материал билан ўзаро адгезион таъсирининг камлигидадир (5-расм). Nb ва Hf нитридлари барқарор ва мустаҳкам оксидлар ҳосил қилади. Натижада контакт юза жараёнларидаги характеристикалар ўзгаради, бу эса асбобнинг кесувчи тиғидаги иссиқлик ҳосил бўлишини сезиларли камайтиради.



5-расм. Дисксимон фрезаларнинг ишлов берилганда ташқи диаметрларининг емирилиши.

Тадқиқот учун танланган дисксимон фрезаларнинг ишлов беришдан олдинги ва кейинги ташқи диаметрлари микрометр орқали ўлчанганда комплекс ишлов берилган фрезаларнинг емирилишга мустаҳкамлигини ошганлигини кўриш мумкин (1-жадвал).

1-жадвал

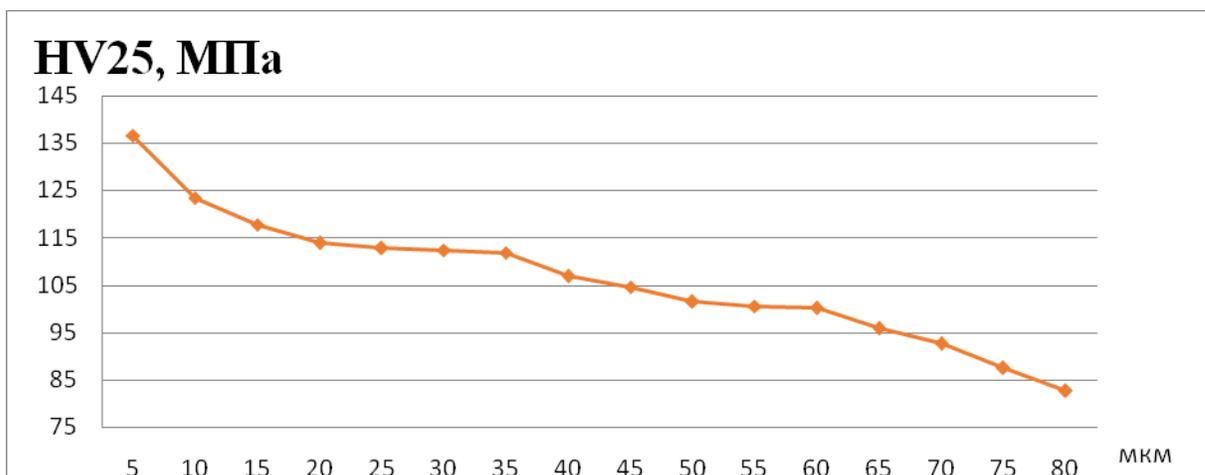
Ишлов беришда фрезаларнинг олдинги ва кейинги диаметрлари

Кесувчи асбоб турлари	Кесиш режимлари			Асбоб турғунлиги T, мин
	N, айл/мин	t, мм	S, мм/мин	
Дисксимон фреза №1 (қоплама (TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N+ион-азотлаш)	250	3.0	100	1. Ишлов беришдан олдинги фреза ташқи диаметри Ø49.5 мм.
				2. Кесиш чуқурлиги 3 мм узунлиги 170 мм
				3. Ишлов беришдан кейинги емирилиш диаметр бўйича 0.2 мм
Дисксимон фреза №2 (қоплама (олмоссимон қоплама (DLC))	250	3.0	100	1. Ишлов беришдан олдинги фреза ташқи диаметри Ø49.3 мм.
				2. Кесиш чуқурлиги 3 мм узунлиги 170 мм
				3. Ишлов беришдан кейинги емирилиш диаметр бўйича 0.15 мм.
Дисксимон фреза №3 (қоплама ((TiAl)N + ион-азотлаш+ион-легираш	250	3.0	100	1. Ишлов беришдан олдинги фреза ташқи диаметри Ø50 мм.
				2. Кесиш чуқурлиги 3 мм узунлиги 170 мм
				3. Ишлов беришдан кейинги

(NbHf))				емирилиш диаметр бўйича 0.1 мм.
Дисксимон фреза №3 (қоплама (TiAl)N + ион- азотлаш+ион- легирлаш (NbHf))	250	3.0	100	1. Ишлов беришдан олдинги фреза ташқи диаметри Ø50 мм.
				2. Кесиш чуқурлиги 3 мм узунлиги 170 мм
				3. Ишлов беришдан кейинги емирилиш диаметр бўйича 0.1 мм.
Дисксимон фреза №4 (қоплама (TiAl)N)	250	3.0	100	1. Ишлов беришдан олдинги фреза ташқи диаметри Ø49.5 мм.
				2. Кесиш чуқурлиги 3 мм узунлиги 170 мм
				3. Ишлов беришдан кейинги емирилиш диаметр бўйича 0.4 мм
Дисксимон фреза №5 (қоплама (TiAl)N + ион- азотлаш)	250	3.0	100	1. Ишлов беришдан олдинги фреза ташқи диаметри Ø49.6 мм.
				2. Кесиш чуқурлиги 3 мм узунлиги 170 мм.
				3. Ишлов беришдан кейинги емирилиш диаметр бўйича 0.2 мм.
Дисксимон фреза №6 (қоплама (TiCr)N-(TiAl)N- (CrAlSi)N (nATCrO3))	250	3.0	100	1. Ишлов беришдан олдинги фреза ташқи диаметри Ø50.7 мм.
				2. Кесиш чуқурлиги 3 мм узунлиги 170 мм
				3. Ишлов беришдан кейинги емирилиш диаметр бўйича 0.2 мм.
Дисксимон фреза №7 (оддий ишлов берилмаган P6M5)	250	3.0	100	1. Ишлов беришдан олдинги фреза ташқи диаметри Ø49.5 мм.
				2. Кесиш чуқурлиги 3 мм узунлиги 170 мм
				3. Ишлов беришдан кейинги емирилиш диаметр бўйича 0.5 мм.

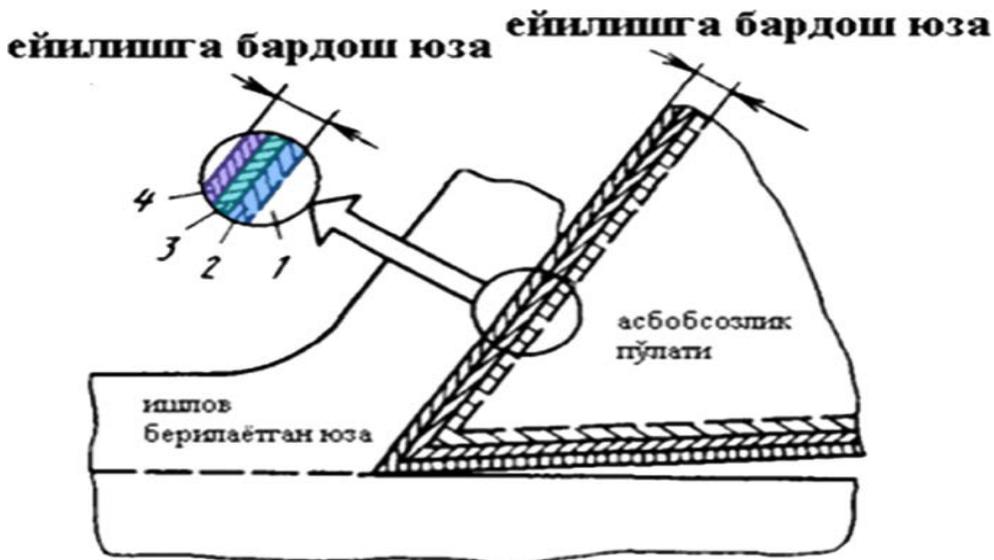
Ион-легирланмаган қопламали кесувчи асбоблар тағ қуйма очилгандан сўнг орқа юзадаги ишқалиниш шароитлари қопламасиз асбобларга ўхшаш бўлади. Комплекс ишлов берилган кесувчи асбобларда қоплама кўчиб кетган тақдирда ҳам мустаҳкамланган юза қатлами ўз функциясини бажаришда давом этади. Комплекс ишлов бериш кесувчи асбоб олд юзасининг ўтмаслашиб емирилишини олдини олади.

Тадқиқодлар шуни кўрсатадики, тез кесар асбобсозлик пўлатини мустаҳкамлигини оширишда, аввал ион-азотлаш, кейин юзани импульсли электрон-нурлар орқали қатламни ниобий, гафний нитридлари билан ион-легирлаш ва қоплама қопланганлиги сабабли эришилган (6-расм).



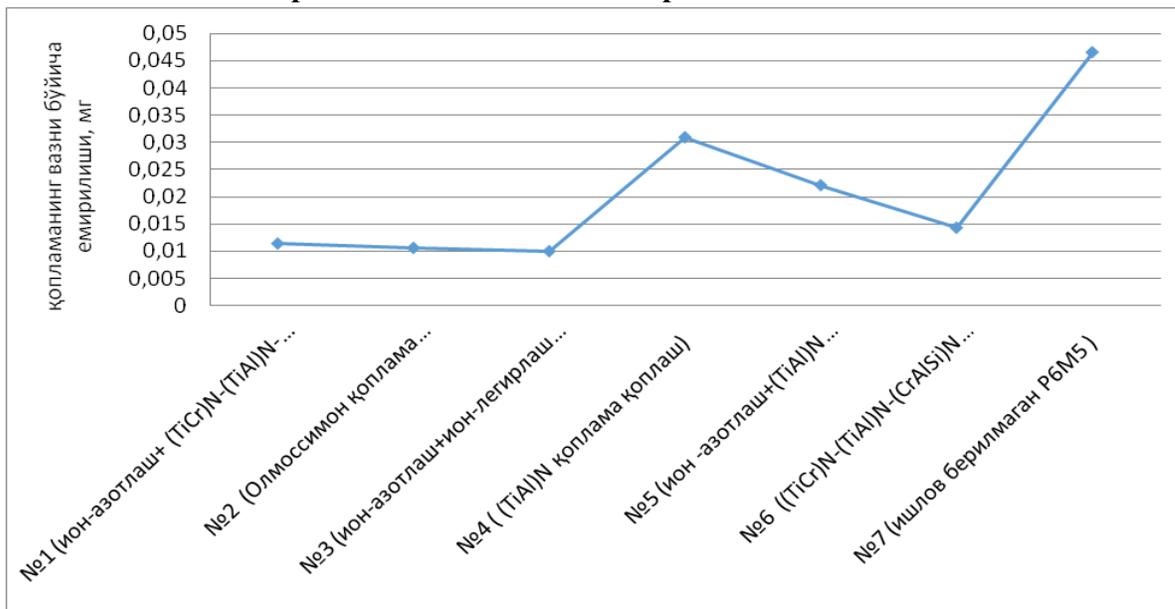
6-расм. Кесувчи асбобнинг кўндаланг кесим юзаси бўйлаб микроқаттиқлиги.

Асбоб материали ва емирилишга чидамли қоплама ўртасига термобарқарор қатламнинг киритилиши асбоб материалининг пластик мустаҳкамлиги захирасининг ва асбоб матрицаси қаттиқлигининг ошишига кўмаклашади, бу эса асбоб кесиш қисмининг қайишқоқ эгилишларига мойиллигининг пасайишига ва кесиш жараёнида термомеханик юкламалар таъсирида вужудга келадиган пластик деформацияланиш натижасида шакл барқарорлигининг йўқолишини олдини олишга кўмаклашади. Бундан ташқари, термобарқарор қатлам ва асбоб материалларининг иссиқлик физик-механик хоссаларидаги фарқни компенсациялашга кўмаклашади ҳамда асбоб материалининг юзали иссиқбардошлигини ошириб, кесувчи асбобдан кўпроқ фойдаланиш эҳтимоллигини оширади (7-расм). Ҳозирги вақтда асбобни мустаҳкамлашнинг дунё амалётида электр газли зарядсизланиш плазмасида азотлаш ва цементациялаш усуллари кенг қўлланиляпти. Хусусан, тез кесар Р6М5 кесувчи асбобларни ионли-азотлаш қаттиқликни 60-80 мкм чуқурликда 108 МПа гача ва юза олди қатламларининг иссиқбардошлигини 20-50⁰С га оширишга имкон беради.



1-Асбобсозлик пўлати, 2-адгезион термобарқарор азотланган қатлам, 3-легирланган қоплама ости, 4-қоплама қопланган.

7-расм. Комплекс ишлов берилган юза.



8-расм. Дисксимон фрезаларнинг вазни бўйича емирилиш диаграммаси.

Кесувчи асбобларнинг емирилишга чидамлилигини кўпайтириш орқали ишлаб чиқариш қувватини оширилганлиги. Кесувчи асбобларнинг иш унумдорлиги уларнинг емирилишга бардошлилиги билан бевосита боғлиқ. Ишлаб чиқариш интенсивлигининг ошиши билан кесувчи асбобнинг турғунлиги камаяди. Комплекс ишлов бериш усули билан дисксимон фреза тишлари емирилишга бардошлигини ошириш учун танланган кесувчи асбоблар («Навоий машинасозлик заводи» ИЧБда ишлаб чиқаришга жорий этилган.

ХУЛОСАЛАР

1. 34ХН1МА маркали мураккаб тузилишли, ишлов бериш қийин бўлган материални фрезалашда, илк бор Р6М5 тез кесар асбобсозлик пўлатли кесувчи асбобга комплекс ишлов бериш-дастлаб ион-азотлаш, ион-легирлаш ва кесувчи асбобнинг функционал юзасини емирилишга бардошли қоплама қоплаш технологияси ишлаб чиқилган. Бу емирилишга чидамли қоплама қоплаш технологияси тез кесар пўлатларнинг юза мустаҳкамлигини ошириш учун қўллаш имконини беради.

2. Кесувчи асбобларнинг юзасига кимёвий-термик ишлов бериш дастлаб ион-азотлаш икки поғонали вакуум ёйли разрядда 490⁰С ҳароратда, 30 минут вақт давомийлиги ва 80/20 % азот/аргон муҳитида, сўнгра, ион-легирлаш Nb₇₀Hf₃₀ элементлари орқали электрон импульсларнинг чакнаш вақти 5 мкс да, такрорийлиги эса 5-6 марта, жараёни 15 минут вақт давоми режими

композициясида таг қўйманинг мустаҳкамланиш қонуниятлари асосида ишлаб чиқилган. Бу кесувчи асбобларнинг юзасига кимёвий-термик ишлов бериш учун хизмат қилади.

3. Юзаси (ион-азотлаш+(TiAl)N, ион-азотлаш+(TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N (nATCrO³)) кимёвий-термик ишлов бериш ва қоплама қопланган дисксимон фрезанинг 34ХН1МА маркали иссиқбардош материалга ишлов беришда кесиш хусусиятларига ва тишлар емирилишига таъсири, кесув асбоб ташқи диаметрлари, массалари ва микроскопдаги кўринишлари орқали аниқланган. Бу иссиқбардош материалга дастлаб ион-азотлаш ва кўп қатламли қоплама қоплаш усули билан ишлов бериш асосида унинг емирилишга бардошлигини ошириш имконини беради.

4. Юзаси (ион-азотлаш+легириш(NbHf)+(TiAl)N) кимёвий-термик ишлов берилган, электрон нурлар билан модификациялаб легириланган ва қоплама қопланган дисксимон фрезанинг 34ХН1МА маркали қотишмага ишлов беришда кесиш хусусиятларига ва тишлар емирилишига таъсири аниқланган. Бу кесувчи асбобларнинг юзасига электрон нурлар билан ишлов бериш асосида қаттиқлигини ошириш учун хизмат қилади.

5. Юзаси кўп қатламли (TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N(nATCrO³), олмоссимон ва (TiAl)N қоплама қопланган дисксимон фрезанинг 34ХН1МА маркали мураккаб тузилишли материални юқори кесиш режими фрезалашда, кесиш хусусиятларига ва тишлар емирилишига таъсири, кесув асбоб ташқи диаметрлари, массалари ва микроскопдаги кўринишлари орқали аниқланган. Бу кўп қатламли қопламалар фрезаларнинг кесиш режимини ишлаб чиқиш учун хизмат қилади.

6. Қуйма усулида олинган 34ХН1МА материалга ишлов беришда кескич ўзаклари тиғини емирилишга бардошли қоплама қоплаш мақбул режимлари, физикавий усулда 480 °С ҳароратда, 3 соат вақт давомийлигида кесувчи асбоб юзасини емирилишга бардошлигини ошириш қонуниятлари асосида ишлаб чиқилган. Бу қопламалар қуйма усулда олинадиган мураккаб материалларга ишлов бериш имконини беради.

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

БУХАРСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ШАРИПОВ ЖАМШИД ОЛИМОВИЧ

**ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ЗУБЬЕВ
ДИСКОВЫХ ФРЕЗ МЕТОДОМ КОМПЛЕКСНОЙ ОБРАБОТКИ**

05.02.01- Материаловедение в машиностроении. Литейное производство. Термическая обработка и обработка металлов давлением. Металлургия черных, цветных и редких металлов.
Технология редких, благородных и радиоактивных элементов

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

Ташкент–2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссией при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером В2019.2.PhD/Т1143.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете. Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский и английский (резюме)) размещен на веб – странице Научного совета по адресу (www.tdtu.uz) и информационно – образовательном портале «Ziyonet» по адресу (www.ziyonet.uz).

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

Официальные оппоненты: **Дуняшин Николай Сергеевич**
доктор технических наук, профессор
Ахмедов Хасан Исломович
кандидат технических наук, доцент

Ведущее предприятие: **Ферганский политехнический институт**

Защита диссертации состоится «18» февраль 2023 г. в .14⁰⁰.. часов на заседании научного совета DSc.03/30.12.2019.Т.03.04 при Ташкентского государственном технического университете. (Адрес: 100095, г. Ташкент, Алмазарский район, ул. Университетская, 2. Тел./факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz)

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (регистрационный номер 304). (Адрес: 100095, г. Ташкент, Алмазарский район, ул. Университетская, 2. Тел./факс: (99871) 227-10-32.

Автореферат диссертации разослан «4» февраль 2023 года.

(протокол реестра № 157 от «03» февраля 2023 года).

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

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

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

Введение(аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Сегодня в мире для производства различных деталей в машиностроении используются сплавы труднообрабатываемых материалов. Для обработки таких сплавов выпускаются фрезы специальной геометрии, обеспечивающие требуемые углы резания и беспрепятственный отвод стружки. Вместе с тем особое внимание уделяется созданию методов использования существующих материалов режущего инструмента за счёт модификации поверхностного слоя с помощью методов, основанных на обработке путём ионно-плазменного воздействия.

Во всем мире в машиностроительной промышленности ведутся многочисленные исследования по модификации поверхностного слоя методами, основанными на ионно-плазменной обработке, для повышения стабильности режущего инструмента, закономерностей процесса резания, его изнашивания, трения, термостойкости.

В последние годы в стране стремительно развиваются технологии машиностроения, тем самым проводятся ряд работ по производству деталей, являющихся их основой, а также локализации и сокращению импортной продукции на предприятиях, при этом принимаются меры по использованию зарубежного опыта. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан определены задачи по «созданию технологий получения импортозамещающей продукции из местного сырья и вторичных ресурсов»¹. В связи с этим в машиностроении актуальным является проведение исследований по повышению устойчивости зубьев дисковых фрез методом комплексной обработки деталей.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, поставленных в Указах Президента Республики Узбекистан № УП-2298 от 11 февраля 2017 года «О программе локализации производства готовой продукции, комплектующих изделий и материалов на 2015-2019 годы», № УП- 4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» от 7 февраля 2017 года, № УП-4891 от 6 апреля 2017 года «Критический анализ производства и состава товаров (работ, услуг), углубление локализации производств, направленных на импортозамещение» и постановлении № ПП -4410 от 31 июля 2019 года «О мерах по ускоренному развитию сельскохозяйственного машиностроения, государственной поддержке обеспечения аграрного сектора сельскохозяйственной техникой» и других нормативно-правовых актов, связанных с этой деятельностью.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики. Данное исследование выполнено в

соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики: II «Энергетика, энергия и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. Научно-исследовательские работы по повышению стабильности режущего инструмента, закономерностей процесса резания, его устойчивости к изнашиванию, трению, нагреванию проводили такие учёные как J.Lin, M.O'Hara, M.Gueye, S.Ammar-Merah, N.Nemati, C.M.Koller, S.A.Glatz, L.Rassouli M.Azadi, Y.ChengD.Shao, J.Zhang, Y.X.Wang, J.Mu, K.BobzinB.Knasiene, B.Lenz,M.Naeem, Alessandro Togni, В.П.Табаков, А.С.Верещака, С.Н.Григорьев, А.А.Верещака, С.В.Фёдоров, А.В.Исаев, В.А.Мирбобоев, М.Т.Балабеков, Ф.Ю.Якубов, Ф.О.Умаров,А.А.Абдурахмонов, Н.С.Абдуллахонов, К.А.Каримов, Т.У.Ҳолиқбердиев, А.Н.Ҳошимов, К.Б.Усмонов, Ҳ.И.Жалилов и другие.

Ими были разработаны научные теории формирования нового композитного слоя для повышения прочности поверхностного слоя режущего инструмента, тепловых энергетических балансов в механической обработке и технологии получения новых видов режущего инструмента.

Одновременно ведутся научные работы по модификации поверхностного слоя методами, основанными на ионно-плазменной обработке, для повышения стабильности режущего инструмента, закономерностей процесса резания его устойчивости к изнашиванию, трению, нагреванию.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена работа. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Бухарского инженерно-технологического института в рамках прикладного проекта ОТ-Атех-2018-373 “Разработка технологии нарезания зубьев пилы рабочей части пильно-цилиндрического устройства технологических машин для разделения семян хлопчатника с помощью лазерного излучения” (2018-2020 г.г.)

Целью исследования повышение износостойкости зубьев комплексной обработкой дисковой фрезой из инструментальной быстрорежущей стали при фрезеровании материалов сложной структуры.

Задачи исследования:

Определение рациональных режимов комплексной обработки дисковой фрезы с быстрорежущей сталью P6M5;

определение влияния на режущие свойства и разрушение зубьев дисковой фрезы с покрытием и термохимически обработанной поверхностью (ионное азотирование +(TiAl)N, ионное азотирование +(TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N);

определение влияния на режущие свойства и разрушение зубьев дисковой фрезы с покрытием, легированной с электронно-лучевой модификацией и

термохимически обработанной поверхностью (ионное-азотирование+легирование (NbHf)+(TiAl)N);

исследование влияния на режущие свойства и разрушение зубьев дисковой фрезы с алмазоподобным и (TiAl)N покрытием и многослойной поверхностью TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N(nATCrO³);

определение стабильности различных покрытий и их физико-химических свойств, поверхностный слой которых модифицирован быстрорежущими стальными дисковыми фрезами;

разработка технологического процесса комплексной обработки дисковых фрез.

Объектом исследования служили режущие инструменты с композитным наноструктурированным покрытием из нанокompонента хромоникелевого сплава марки 34XН1МА

Предметом исследования является технология получения композитного наноструктурированного режущего инструмента для фрезерования хромоникелевых сплавов марки 34XН1МА

Методы исследования. В диссертационной работе использованы методы проверки физико-механических и других технических свойств многослойных дисковых фрез со сложной механической обработкой, ИК-спектроскопия, микроскопия, современная денситометрия и спектрофотометрия.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

есть первый при фрезеровании материала 34XН1МА со сложной структурой комплексная обработка режущего инструмента из быстрорежущей инструментальной стали Р6М5 - первоначальное ионно-азотирование, ионно-легирование и разработана технология покрытия функциональной поверхности режущего инструмента эрозионно-стойким покрытием;

химико-термическая обработка поверхности режущих инструментов, сначала ионно-азотирование в двухступенчатом вакуумно-дуговом разряде при температуре 490 0С, длительностью 30 минут и среде 80/20% азот/аргон, затем ионно-азотирование легирование элементов Nb₇₀Hf₃₀ с временем вспышки электронных импульсов 5 мкс и повторением 5-6 раз, процесс развивается на основе закономерностей упрочнения состава 15-минутного режима длительности времени;

поверхность (ионно-азотирование+(TiAl)N, ионно-азотирование+(TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N (nATCrO³)) химико-термическая обработка и резка дисковой фрезой с покрытием марки 34XН1МА жаростойкие свойства материала и влияние на каррозию, режущие инструменты идентифицируются по внешнему диаметру, массе и микроскопическому виду;

исследовано влияние поверхности (ион-азотирование +легирование(NbHf)+(TiAl)N) химико-термически обработанной, легированной и покрытой электронно-лучевой модификацией на режущие характеристики и износ зубьев сплава 34XН1МА;

высокорезимное фрезерование материала сложной структуры дисковой фрезой марки 34ХН1МА с многослойной поверхностью (TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N(nATCrO³), алмазным и (TiAl)N покрытием, влияние на режущие свойства и эрозию зубьев определяли наружные диаметры, массы и микроскопический вид режущих инструментов;

при обработке материала 34ХН1МА, полученного методом литья, были разработаны оптимальные режимы износостойкого покрытия стержня резца, исходя из закономерностей повышения износостойкости поверхности режущего инструмента при температуре 480 °С физическим методом в течение 3 часов.

Практические результаты исследования заключаются в следующем: разработаны оптимальные условия процесса нанесения на предлагаемый режущий инструмент - дисковую фрезу с быстрорежущей сталью Р6М5, вакуумно-дугового покрытия с электронно-лучевым легированием, устойчивого к окончательному износу, с предварительным ионным азотированием в разных составах.

определены оптимальная структура и свойства поверхностного слоя дисковой фрезы с быстрорежущей сталью, произведена комплексная обработка с учётом условий нагружения режущего инструмента;

разработаны оптимальные условия процессов комплексной обработки режущего инструмента.

Достоверность результатов исследования подтверждается соответствием исследуемой проблемы с определенными теоретическими и экспериментальными исследованиями данной сферы, обоснованным выбором развитых исследовательских лабораторий с использованием современных методов и инструментов для некоторых частей исследований, внедрением проведенных апробаций в крупные промышленные предприятия республики, положительностью результатов, а также их сравнительным анализом с изученными данными в данной сфере науки.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования подтверждается созданием научной основы повышения эффективности работы режущего инструмента Р6М5, повышением износостойкости режущего инструмента с применением передовых технологий химико-термической обработки и нанесения покрытий.

Практическая значимость результатов исследования основана на изучении свойств видов многослойных дисковых фрез с комплексной обработкой, за счёт снижения пластической деформации базовой отливки (подложки) на основе комплексной обработки, износостойкие режущие инструменты используются в машиностроительных предприятиях.

Внедрение в практику результатов исследования. На основе научных результатов, полученных по производству износостойкого режущего инструмента посредством прохождения технологических процессов повышения устойчивости зубьев дисковых фрез методом комплексной обработки, т.е. ионного азотирования, ионного легирования и нанесения износостойкого покрытия:

- В результате технологии комплексной обработки быстрорежущей инструментальной стали P6M5 с ионно-азотированием + ионно-легированием (NbHf) + (TiAl)N износостойкость увеличилась в 5 раз по сравнению с исходной, а производительность станка инструмент увеличился на 18%;
- Дисковая фреза из быстрорежущей инструментальной стали P6M5 впервые была ионно-азотирующим+(TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N (nATCrO3)) покрытием нового состава, износостойкость которого в 3 раза выше, чем у оригинал, а эффективность работы машины составляет 12%;
- Дисковая фреза из быстрорежущей инструментальной стали P6M5 (TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N (nATCrO3)) с нанесением покрытия по новой технологии обработки позволило повысить износостойкость в 2 раза и производительность станка на 9% по сравнению с оригиналом;

внедрена в практику технология повышения устойчивости и износостойкости зубьев дисковых фрез методом комплексной обработки ПО «Навоийский машиностроительный завод» (справка ГК «Навоийский горно-металлургический комбинат» № 02-06-07/12254 от 23 ноября 2020года). В результате получена возможность повышения эффективности работы режущего инструмента P6M5 на 20% и производительности на 10%.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования обсуждались на 4 международных и 8 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. Основные результаты диссертации представлены в 24 научных работах, в том числе 8 научных статей опубликованы в научных журналах, рекомендованных Высшей Аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертационных работ, в том числе 4 статьи опубликованы в зарубежных журналах(2 статья в SCOPUS)

Структура и объем диссертации: Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность исследования, охарактеризованы степень изученности проблемы, цель и задачи, объект и предмет исследования, соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, изложены научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта теоретическая и практическая значимость исследования, приведены сведения о внедрении результатов исследования в практику, публикациях и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Алмазоподобные покрытия, способы нанесения покрытий, свойства и их применение»** описаны современные методы производительности и устойчивости режущих инструментов, типы покрытий, преимущества нанесения покрытий методом физического осаждения, необходимость нанесения покрытий на режущие инструменты.

Были предприняты попытки проиллюстрировать периодическую зависимость изнашивания с помощью графиков. Приведены научные основы состава износостойких покрытий и технологии их нанесения на быстрорежущие инструменты, а также анализ научных исследований учёных по различным элементам режущего инструмента. Алмазоподобные покрытия, свойства, структура и их применение. Приведена микротвердость режущих инструментов с комплексной обработкой. Технологии получения алмазоподобных покрытий. Составные части износостойкого комплекса, цели и задачи исследования.

Вторая глава диссертации **«Объект научно-исследовательской работы, примененные материалы и методы исследования»** описывает объект научного исследования, режущие инструментальные материалы, используемые в научных исследованиях, его свойства, химический состав и нанесенные на них покрытия.

Осаждение покрытия $n\text{ATCrO}_3$ на устройстве Platit $\pi 311$. Удельная мощность устройства Platit $\pi 311$ от плазмы до катода составляет $1,1 \cdot 10^4$ Вт/м². Исследования показали, что при толщине стенки титанового катода 20 мм температура поверхности может составлять 35-40°C. Тангенциальная составляющая индукции магнитного поля к поверхности катода имеет величину $B=11-12$ мТл. Нормальная составляющая индукции магнитного поля к поверхности катода имеет величину $B=12-14$ мТл. Покрытия осаждались при равном давлении азота и токового разряда. Давление азота во время напыления составляло $2 \cdot 10^{-1}$ Па, ток разряда 120 А, напряжение 24 В. Толщина покрытий для обеих установок составила 4 мкм. Для нанесения покрытий использовались катоды, содержащие чистый металлический сплав Cr и AlSi(88:12%). Очистку ионами аргона осуществляют пучком ионов аргона при напряжении анода 800/200В и токе 0,5А в течение 20 мин.

Методы изучения свойств покрытий. Приведены фотоэлектронная спектроскопия с использованием рентгеновских лучей, обработанная марка заготовки, состав и формулы сил резки.

В третьей главе диссертации **«Исследование методов ионного азотирования в вакуумно-дуговой газовой плазме и ионного легирования посредством низкоэнергетических сильноточных электронных пучков быстрорежущей стали Р6М5»** Процессы ионного азотирования и ионного легирования режущих инструментов считаются химико-термической обработкой. Рассмотрена проблема изменения химического состава, структуры и свойств поверхности при химико-термической обработке. Фазовый состав и структура азотированного слоя. Влияние структуры азотированного слоя на прочность

адгезионного соединения покрытия из износостойкой быстрорежущей инструментальной стали и производительность инструмента.

Исследованы микротвердость и толщина азотированного слоя. Второй слой химико-термической обработки осуществлялся в установке ионного легирования РИТМ-СП низкоэнергетическими сильноточными электронными пучками. Альтернативой традиционным методам было создание легированного поверхностного слоя микронной толщины с высокой износостойкостью в стали или быстрорежущих инструментах с использованием низкоэнергетических сильноточных электронных лучей (ПЭКТЭН). С целью получения слоя сплава NbHfTi в приповерхностном слое быстрорежущей стали для образования слоя износостойких нестехиометрических карбидов в образцы с помощью магнетрона было нанесено тонкое покрытие толщиной 150-250нм.

Использование такой схемы генерации и транспортировки даёт возможность получения коллекторного пучка микросекундной длины с плотностью тока 104 A/cm^2 и энергией электронов в 15–30 кэВ. Площадь одновременной переработки мишени может составлять от 50 до 100 cm^2 , что соответствует диаметру луча. Ионное легирование материалов, или, другими словами, внедрение ионов и ионная инплантация, в настоящее время превращается в основной технологический процесс, используемый для модификации электрофизических, химических, оптических, механических и других свойств поверхностных слоев материалов.

К этим преимуществам относятся: универсальность, т.е. возможность добавлять любую примесь в любой материал; локальность воздействия; отсутствие нагрева подложки; возможность строгого дозирования примесей; простота управления; чистота вводимых примесей и др.

В четвертой главе диссертации **«Влияние режущего инструмента из быстрорежущей инструментальной стали Р6М5 с комплексной обработкой и модифицированной поверхностью на режущую способность»** освещено, что комплексная обработка представляет собой сочетание процессов термических, химико-термических обработок, нанесение покрытий и ряд других процессов, что каждый метод, меняющий поверхность режущего инструмента в зависимости от уровня энергии воздействующих частиц и их свойств проявляет разные свойства взаимовлияния с обработанной поверхностью.

Изначально, перед обработкой режущего инструмента на приборе MicroCADlite(GFM, Germaniya) была проведена работа по контролю и измерению геометрических параметров дисковых фрез, основных углов и радиуса кривизны (затупления) режущей кромки. Комплексная обработка дисковой фрезы из быстрорежущей инструментальной стали Р6М5 изначально проводилась: ионное азотирование - на двухступенчатом вакуумно-дуговом разряде на установке СТАНКИН-АПП-2, низкоэнергетическое, сильноточное электронно-пучковое ионное легирование на установке РИТМ-СП, нанесение износостойкого покрытия

наPlatit π311. Выбраны оптимальные режимы для комплексной обработки быстрорежущих инструментов. При оптимизации методов комплексной обработки требуется соблюдение режимов ионного азотирования, и комплексный подход, учитывающий и последующие процессы нанесения износостойкого покрытия Алмазоподобное ионное азотирование +(TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N, (TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N ($nATCrO^3$), ионное азотирование + ионное легирование (NbHf)+(TiAl)N, (TiAl)N, ионное азотирование+(TiAl)N. При проведении исследований под оптимальными режимами комбинированной ионно-плазменной обработки понимались режимы, обеспечивающие минимальный уровень ускоренного износа инструмента в процессе резания. Скорость изнашивания быстрорежущего инструмента с комплексной обработкой оценивалась по следующей формуле:

$$J = \frac{h_3}{V \cdot T}$$

В этом случае: h_3 —средняя ширина изнашиваемой фаски тыльной поверхности ;

V —скорость резания; время работы фрезы до установки установленной фаски T - износа тыльной поверхности ($h_3=0,4$ мм).

Из режимов нанесения износостойкого покрытия необходимо учитывать, прежде всего, время нанесения, которое влияет на толщину получаемого покрытия. Даже при оптимальном выборе состава покрытия, толщина износостойкого покрытия может быть очень противоречивой. С одной стороны, увеличение толщины покрытия приводит к повышению износостойкости участков контакта режущего инструмента, с другой – к значительному увеличению количества дефектов покрытия, снижению адгезии покрытия на инструментальный материал, а также к снижению способности покрытия сопротивляться эластопластическим деформациям. Особенно отрицательно сказывается увеличение толщины покрытия на 4,5 мкм при работе режущего инструмента в условиях циклического нагружения.

В данной работе для оптимизации режимов комплексной обработки использовалась многофакторная регрессионная модель, которая установила взаимосвязь между скоростью износа инструмента – J и режимами обработки - $t_A, \tau_A, k_N, \tau_{(Ti,Al)N}$:

$$J = C_J \cdot t_A^{x_J} \cdot \tau_A^{y_J} \cdot k_N^{z_J} \cdot \tau_{(Ti,Al)N}^{mq}$$

В этом случае $x_J, y_J, z_J; mq$ – показатели, учитывающие степень влияния факторов $t_A, \tau_A, k_N, \tau_{(Ti,Al)N}$ на скорость износа J ; C_J —постоянный показатель.



Инструментальная сталь Р6М5 после комплексной обработки с минимальной степенью износа при фрезеровании.

Рис. -1 Микроструктура поверхностного слоя образца

С целью уменьшения вибрации технологической системы увеличивается жесткость режущей системы, при этом существенно снижается износ режущего инструмента. При испытаниях инструмента для продольных фрезерных операций режимы резания менялись следующим образом: После математической обработки экспериментальных данных и расчетов найдены значения режимов комплексной обработки быстрорежущего инструмента, обеспечивающие минимальную скорость изнашивания инструмента при обработке и фрезеровании конструкционных сталей.

Металлографические исследования показали, что износостойкий слой, формирующийся в режимах комплексной обработки, обеспечивающих минимальную скорость изнашивания соответствует следующим характеристикам: конечно, оптимальные режимы приведены именно для этого случая (рис.- 1).

Приведены факторы процесса комплексной обработки поверхности дисковой фрезы из быстрорежущей инструментальной стали. Первоначальное ионное азотирование режущего инструмента проводилось на установке типа СТАНКИН АПП-2 с использованием двухступенчатого вакуумно-дугового газового разряда. Обработка проводилась в течение 30 минут при температуре 480°С, что позволило создать на поверхности термохимически прочный слой толщиной до 80 мкм и микротвердостью до $HV_{50}=115$ МПа (рис.-2).



Рис.-2. Дисковая фреза с комплексной обработкой.

Износостойкое покрытие $n\text{ATCrO}_3$ с микротвердостью $\text{HV}_{50}=345\text{Mpa}$ наносили на установке $\pi 311$ фирмы Platit. Это покрытие является комплексом многослойного наноконпазита $(\text{TiAl})\text{N}$ и $(nc\text{-AlTiCrN/a-Si}_3\text{N}_4)$. Возможности подобной установки. Перед нанесением износостойкого покрытия поверхностные слои некоторых образцов подверглись ионному легированию. Обработка проводилась в установке РИТМ-СП, объединяющей две системы магнетронного распылителя с маломощным сильноточным электронным источником, и в одной вакуумной камере. Устройство обеспечивает нанесение покрытий на поверхность нужного продукта и последующее жидкофазное перемешивание покрытия и материалов подложки с помощью мощных импульсных электронных лучей. Генерация ПЭКТЭН включает в себя эмиссию электронов, образование луча в диоде с плазменным заполнением и его транспортировку в плазменном канале.

Принятие такой схемы генерации позволяет получать луч при ускоряющемся напряжении 15-30 кВт, с плотностью тока 105 A/cm^2 в течение микросекундной длительности (примерно 5 μs). В этом случае площадь одноразовой обработки составляет около 50 cm^2 . Глубина под съемным поверхностным слоем модифицированной стальной конструкции составляет 2-10 μm в зависимости от легированного состава. На рисунке 4.5а показано действие серии импульсов ПЭКТЭН с плотностью энергии $4,5\text{ Дж/см}^2$ и длительностью 5 μs на поверхность нитридного образца из быстрорежущей стали Р6М5. Тепловой эффект электронного луча достаточен не только для расплавления поверхностного металлического слоя, но и для активного испарения карбидного компонента.

Для использования режущего инструмента в различных условиях оптимизированы составы износостойких алмазоподобных покрытий ионное азотирование $+(\text{TiCr})\text{N}-(\text{TiAl})\text{N}-(\text{CrAlSi})\text{N}$, $(\text{TiCr})\text{N}-(\text{TiAl})\text{N}-(\text{CrAlSi})\text{N}$ ($n\text{ATCrO}_3$), ионное азотирование + ионное легирование $(\text{NbHf})+(\text{TiAl})\text{N}$, $(\text{TiAl})\text{N}$, азотирование + $(\text{TiAl})\text{N}$.

В зависимости от содержания алюминия микротвердость покрытий составляет от 9,8 до $41,2\text{ кН/мм}^2$. Он растет с увеличением содержания алюминия, и его доля в покрытии достигает максимума при 65% AlN , после 75 мас. % AlN резко снижается, намного ниже уровня TiN (до $9,8\text{ кН/мм}^2$).

Применение в производстве быстрорежущего инструмента Р6М5 с комплексной обработкой. Стоимость производства режущего инструмента с комплексной обработкой намного выше, чем стоимость необработанного режущего инструмента, поэтому условия его эксплуатации должны быть разными. Основного экономического эффекта от применения комплексной обработки можно достичь за счёт значительного повышения производительности станков, т.е. увеличения режимов резания, уменьшения количества остановок при смене и регулировке режущего инструмента, а также не очень высокой стоимости комплексной обработки по сравнению со стоимостью инструмента и переработки

дешёвой стали и дорогого режущего инструмента. Важнейшей задачей является определение свойств изнашивания быстрорежущего инструмента с комплексной обработкой, а также установление оптимальных режимов его эксплуатации.

При использовании режущих инструментов с изменённым, укреплённым поверхностным слоем шероховатость поверхности заготовки ($R_a=0.32$ мкм) снижается с точными показаниями и соответствует требованиям ГОСТ2789.

После полной обработки дисковых фрез из быстрорежущей стали Р6М5 в Московском Государственном Технологическом университете «СТАНКИН» испытательные работы проводились в инструментальном цеху Навоийского машиностроительного завода при Навоийском горно-металлургическом комбинате (рис.-3)

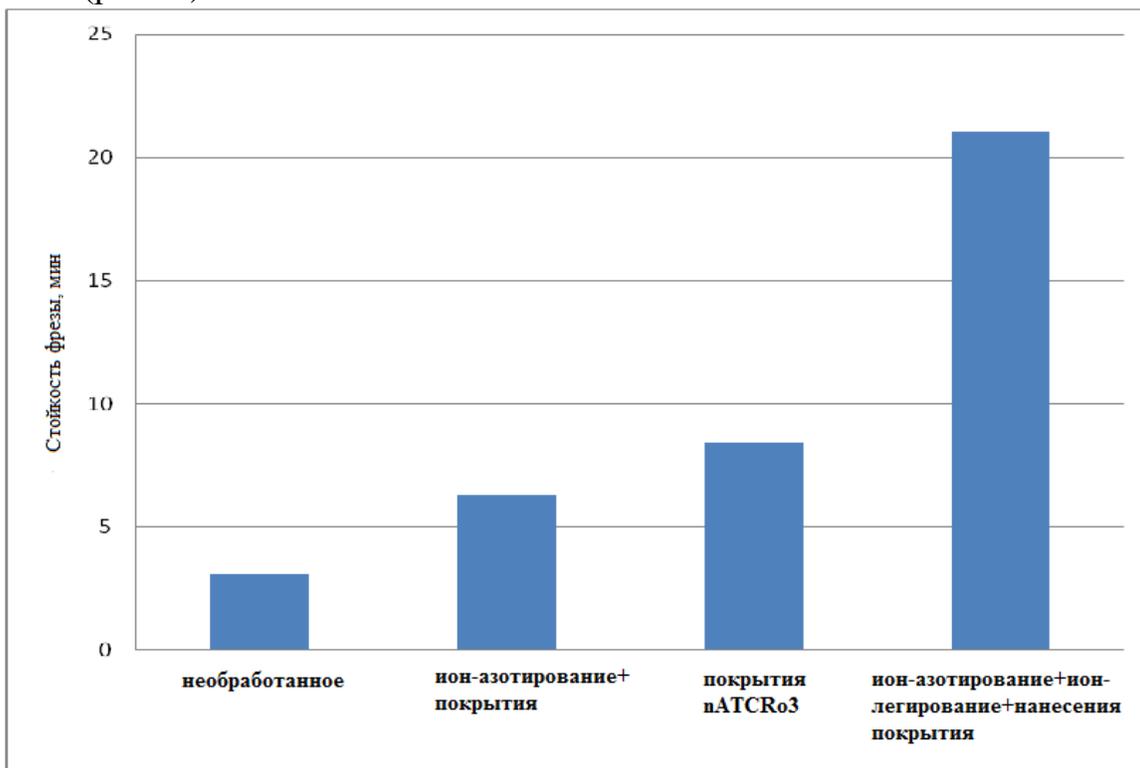
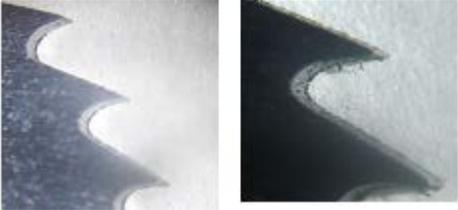
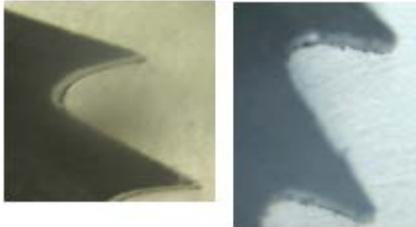
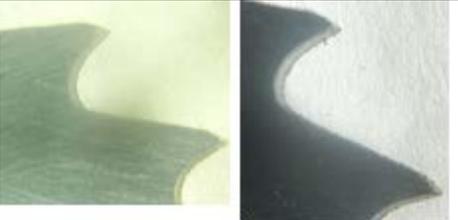
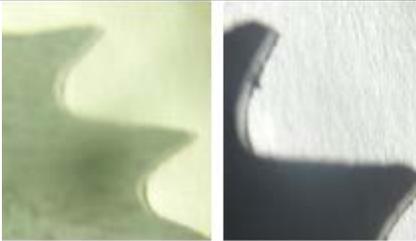
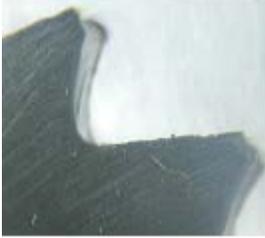


Рис.-3. Устойчивость быстрорежущих дисковых фрез с различной обработкой



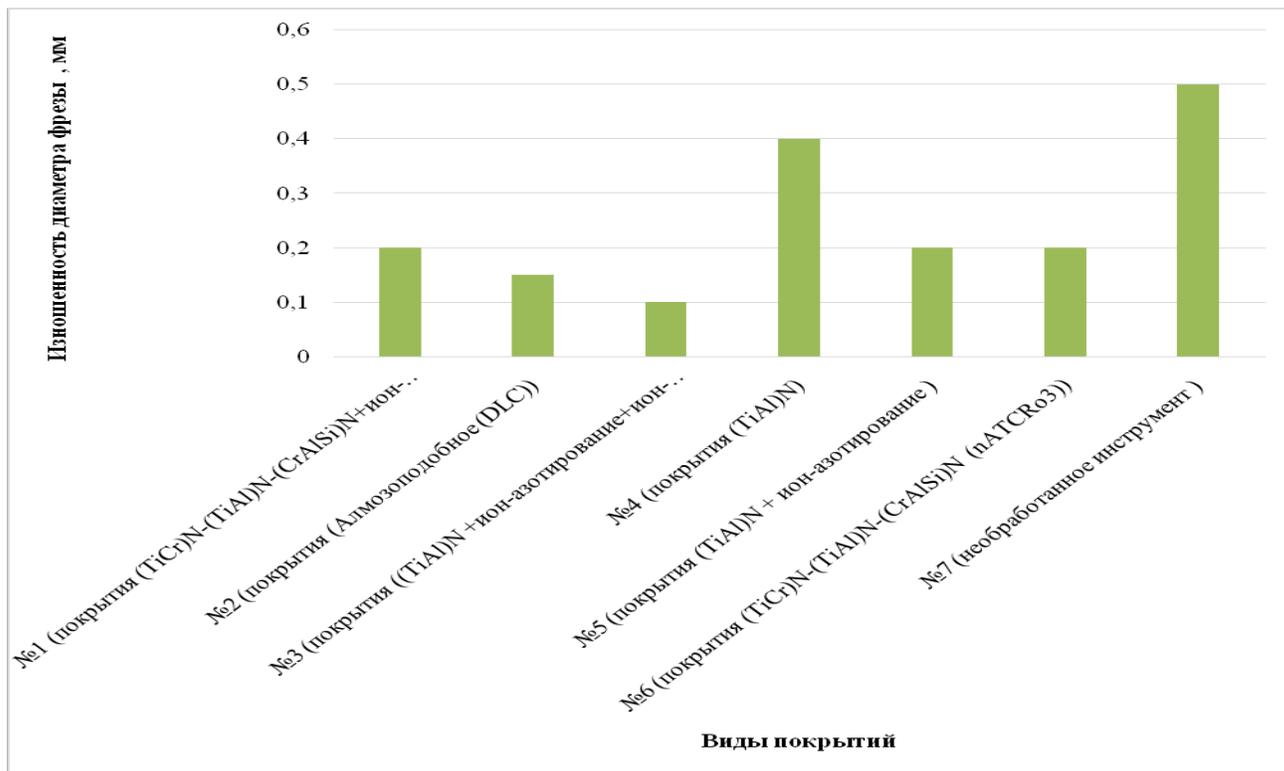
	
Внешний вид фрезы до и после обработки (ион-азотирование+ион-легирование+ (TiAl)N)	Внешний вид фрезы до и после обработки ((TiAl)N нанесены покрытан)
	
Внешний вид фрезы до и после обработки (ион-азотирование+(TiAl)N)	Внешний вид фрезы до и после обработки ((TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N (Nacro ³) покрытие)
	
Внешний вид фрезы до и после обработки (необработанные режущие инструмент P6M5)	

4-рис. Профиль работ до и после обработки дисковых фрез.

Исследования, проведённые по изнашиванию дисковых фрез из быстрорежущей инструментальной стали P6M5 показывают, что нанесение износостойких покрытий в сочетании с электронно-лучевым и ионным легированием оказывает большое влияние на процесс изнашивания режущих инструментов. Испытания на устойчивость молотком из жаропрочного сплава марки 34XН1МА, скорость резания $v=10$ м/мин, тяга $s=0.110$ мм/айл, глубина резки $t=3$ мм. Результаты испытательных работ приведены выше.

Известно, что постепенное повышение температуры в зоне прямого контакта быстрорежущей стали с металлом вызывает ускорение изнашивания лезвия режущего инструмента. При выполнении испытательных работ были отобраны фрезы из быстрорежущей стали P6M5 диаметром $\varnothing 50$ мм, при комплексной обработке сплава марки 34XН1МА на фрезерном станке марки ФУС-32 формы фрезы пришли в следующее состояние. Формы фрез дисковых фрез до и после обработки были сфотографированы с помощью микроскопа МИМ в центральной лаборатории Навоийского машиностроительного завода. Обнаружена большая разница между дисковыми фрезами с комплексной обработкой и простыми покрытиями (TiAl)N без обработки (рис.-4).

Как видно на рисунке, по внешнему виду фрез под микроскопом было обнаружено, что режущие кромки не сильно изнашиваются в резцах с комплексной обработкой. Предварительная обработка режущих инструментов с износостойким покрытием, включая ионное азотирование и поверхностное ионное легирование, обеспечивает замедление изнашивания клиньев инструмента и



5-рис. Изнашивание внешних диаметров дисковых фрез при обработке.

снижает затупление лезвия. Это связано с тем, что приповерхностный слой под покрытием с измененными свойствами является химически пассивным и имеет меньшее адгезионное взаимодействие с обрабатываемым материалом (рис.-5)Nb. Нитриды Nb, Hf и Ti образуют стабильные и прочные оксиды. В результате меняются характеристики процессов контактной поверхности, что значительно снижает тепловыделение в режущем лезвии инструмента.

При микрометрическом измерении внешних диаметров дисковых фрез, выбранных для исследования, до и после обработки, можно увидеть повышение устойчивости к изнашиванию фрез с комплексной обработкой (1-таблица).

1-таблица

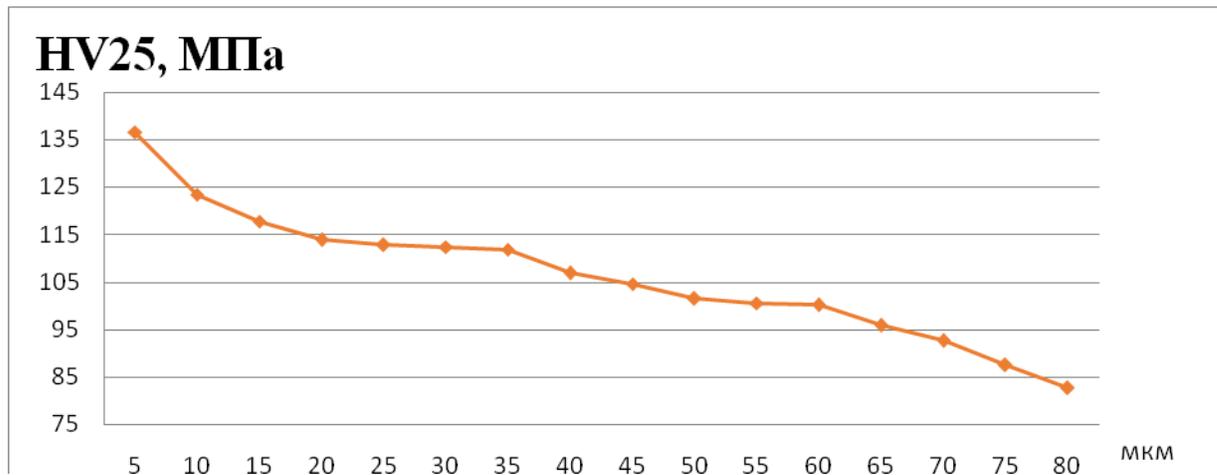
Диаметры фрез до и после обработки

Типы режущих инструментов	Режимы резания			Устойчивость инструмента T, мин
	N, айл/мин	t, мм	S, мм/мин	
Дисковая фреза №1	250	3.0	100	1. внешний диаметр фрезы до

(покрытие (TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N+ионное-азотирование)				обработки Ø49.5 мм.
				2. Глубина резки 3 мм длина 170 мм
				3. Износ после обработки по диаметру 0.2 мм
Дисковая фреза №2 (покрытие (алмазоподобное покрытие (DLC))	250	3.0	100	1. внешний диаметр фрезы до обработки Ø49.3 мм.
				2. Глубина резки 3 мм длина 170 мм
				3. Износ после обработки по диаметру 0.15 мм.
Дисковая фреза №3 (покрытие ((TiAl)N + ионное-азотирование+ионное-легирование (NbHf))	250	3.0	100	1. внешний диаметр фрезы до обработки Ø50 мм.
				2. Глубина резки 3 мм длина 170 мм
				3. Износ после обработки по диаметру 0.1 мм.
Дисковая фреза №3 (покрытие ((TiAl)N + ионное-азотирование+ионное-легирование(NbHf))	250	3.0	100	1. внешний диаметр фрезы до обработки Ø50 мм.
				2. Глубина резки 3 мм длина 170 мм
				3. Износ после обработки по диаметру 0.1 мм.
Дисковая фреза №4 (покрытие (TiAl)N)	250	3.0	100	1. внешний диаметр фрезы до обработки Ø49.5 мм.
				2. Глубина резки 3 мм длина 170 мм
				3. Износ после обработки по диаметру 0.4 мм
Дисковая фреза №5 (покрытие (TiAl)N + ионное азотирование)	250	3.0	100	1. внешний диаметр фрезы до обработки Ø49.6 мм.
				2. Глубина резки 3 мм длина 170 мм
				3. Износ после обработки по диаметру 0.2 мм.
Дисковая фреза №6 (покрытие (TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N (nATCRo3))	250	3.0	100	1. внешний диаметр фрезы до обработки Ø50.7 мм.
				2. Глубина резки 3 мм длина 170 мм
				3. Износ после обработки по диаметру 0.2 мм.
Дисковая фреза №7 (простая без обработки P6M5)	250	3.0	100	1. внешний диаметр фрезы до обработки Ø49.5 мм.
				2. Глубина резки 3 мм длина 170 мм
				3. Износ после обработки по диаметру 0.5 мм.

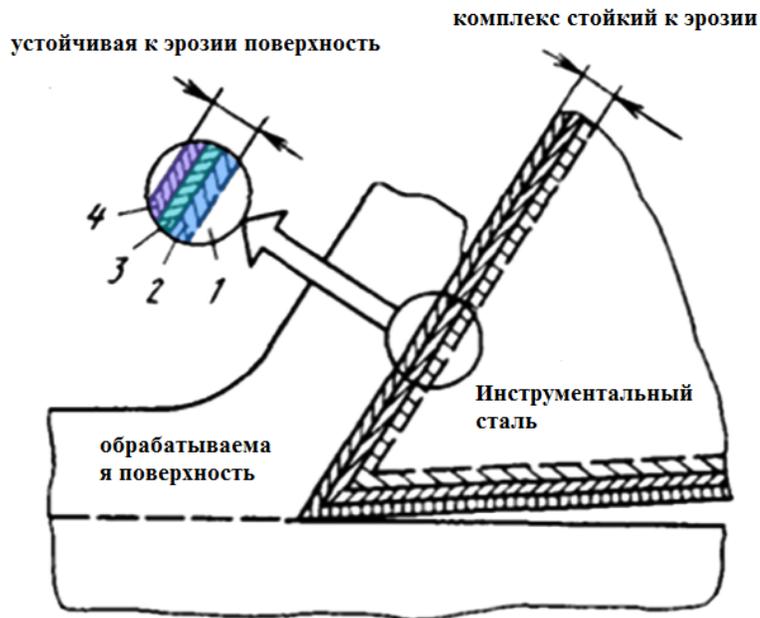
Режущие инструменты с ионно-нелегированным покрытием имеют такие же условия трения на задней поверхности после открытия тыльного слоя, как и инструменты без покрытия. В режущих инструментах с комплексной обработкой укрепленный поверхностный слой продолжает выполнять свою функцию даже при отложении покрытия. Комплексная обработка предотвращает затупление передней поверхности режущего инструмента.

Исследования показали, что повышение прочности быстрорежущей инструментальной стали достигалось за счёт, сначала, ионного азотирования, затем ионного легирования поверхности нитридами ниобия, гафния, посредством импульсных электронных лучей. (рис.- б)



б-рис. Микротвердость режущего инструмента по поверхности поперечного сечения.

Введение термостойкого слоя между материалом инструмента и износостойким покрытием способствует увеличению запаса пластической



1-Инструментальная сталь, 2-адгезионный термостойкий азотированный слой, 3-легированная тыльная сторона покрытия, 4-нанесенное покрытие.

рис-7. Поверхность с комплексной обработкой.

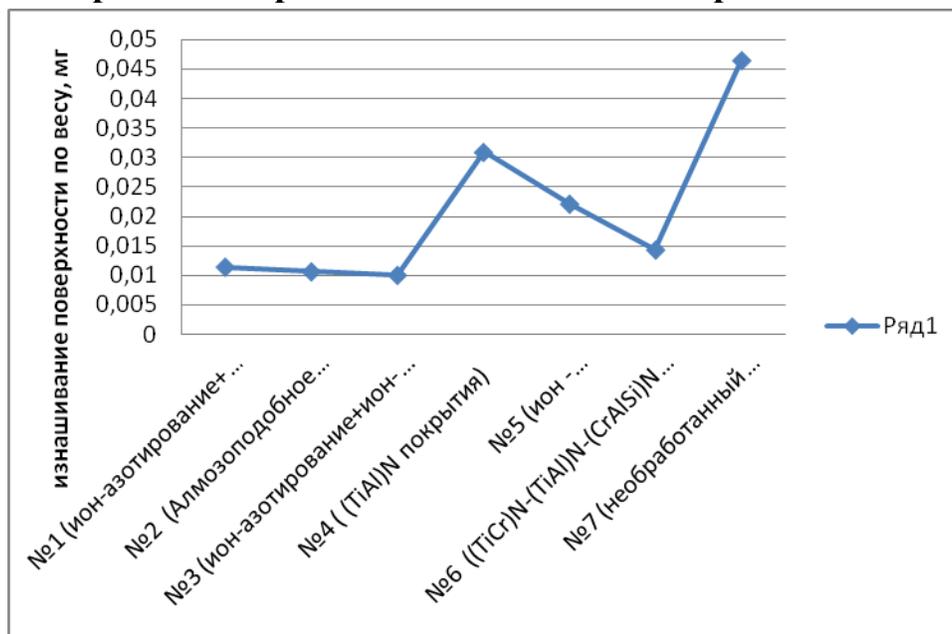


Рис-8. Диаграмма изнашивания дисковых фрез по весу.

прочности материала инструмента и жесткости матрицы инструмента, а это способствует уменьшению склонности режущей части инструмента к эластичности и потере стабильной формы в результате пластической деформации, вызванной термомеханическими нагрузками в процессе резания. Кроме этого, помогает компенсировать разницу в теплофизических и механических свойствах термостойкого слоя и инструментальных материалов, а также увеличивает

поверхностную термостойкость материала инструмента и снижает вероятность использования инструмента(рис-7).

В настоящее время в мировой практике инструментального упрочнения широко используются методы азотирования и цементации в плазме электрического газового разряда. В частности, ионное азотирование режущего инструмента Р6М5 позволяет повысить твердость до 108МПа в глубине 60-80 мкм и жаропрочность приповерхностных слоев до 20-500 С.

Увеличенность производственной мощности за счёт повышения износостойкости режущего инструмента. Производительность режущих инструментов напрямую зависит от их износостойкости. По мере увеличения интенсивности производства устойчивость режущего инструмента снижается.

Режущие инструменты с комплексной обработкой, выбранные для повышения износостойкости зубьев дисковых фрез, внедрены в производство ПО «Навоийский машиностроительный завод» и АО «Бухарский ремонтно-механический завод».

ЗАКЛЮЧЕНИЯ

1. При фрезеровании материала 34ХН1МА со сложной структурой комплексная обработка режущего инструмента из быстрорежущей инструментальной стали Р6М5 - первоначальное ион-азотирование, ион-легирование и разработана технология покрытия функциональной поверхности режущего инструмента эрозионно-стойким покрытием. Эта технология износостойких покрытий может быть использована для повышения поверхностной твердости быстрорежущих сталей.
2. Химико-термическая обработка поверхности режущих инструментов, сначала ион-азотирование в двухступенчатом вакуумно-дуговом разряде при температуре 490⁰С, длительностью 30 минут и среде 80/20% азот/аргон, затем ион-азотирование легирование элементов Nb₇₀Hf₃₀ с временем вспышки электронных импульсов 5 мкс и повторением 5-6 раз, процесс развивается на основе закономерностей упрочнения состава 15-минутного режима длительности времени. Служит для химико-термической обработки поверхности режущих инструментов.
3. поверхность (ион-азотирование+(TiAl)N, ион-азотирование+(TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N (nATCRo3)) химико-термическая обработка и резка дисковой фрезой с покрытием марки 34ХН1МА жаростойкие свойства материала и влияние на коррозию, режущие инструменты идентифицируются по внешнему диаметру, массе и микроскопическому виду. Это позволяет повысить коррозионную

стойкость жаростойкого материала на основе первичной обработки ионно-азотирующим и многослойным покрытием.

4. исследовано влияние поверхности (ион-азотирование+ион-легирование(NbHf)+(TiAl)N) химико-термически обработанной, легированной и покрытой электронно-лучевой модификацией на режущие характеристики и износ зубьев сплава 34ХН1МА. Он служит для повышения твердости поверхности режущих инструментов на основе электронно-лучевой обработки.

5. Высоко режимное фрезерование материала сложной структуры дисковой фрезой марки 34ХН1МА с многослойной поверхностью (TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N ($n\text{ATCrO}_3$), алмазным и (TiAl)N покрытием, влияние на режущие свойства и эрозию зубьев определяли наружные диаметры, массы и микроскопический вид режущих инструментов. Эти многослойные покрытия служат для развития режущего режима фрез.

6. При обработке материала 34ХН1МА, полученного методом литья, были разработаны оптимальные режимы износостойкого покрытия стержня резца, исходя из закономерностей повышения износостойкости поверхности режущего инструмента при температуре 480⁰С физическим методом в течение 3 часов. Эти покрытия позволяют обрабатывать сложные материалы, полученные методом литья.

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

BUKHARA INSTITUTE OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY

SHARIPOV JAMSHID OLIMOVICH

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING CARBON-
GRAPHITE MATERIALS FOR THE ELECTRICAL AND METALLURGICAL
INDUSTRIES BASED ON LOCAL RAW MATERIALS**

05.02.01 – Material science in mechanical engineering. Foundry production. Thermal and pressure treatment of metals. Metallurgy of ferrous, nonferrous and rare metals. Technology of rare, noble and radioactive elements (directions foundry production and metal processing)

ABSTRACT

of thesis of doctor of philosophy (phd) in technical sciences

Tashkent – 2023

The theme of doctoral dissertation (PhD) in technical sciences is registered in the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2019.2.PhD/T1143.

The doctoral dissertation is made in the Bukhara Institute of Engineering and Technology.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (abstract)) on the website (www.tdtu.uz) and on the Information of the Educational Portal “ZiyoNet” (www.ziynet.uz).

Scientific supervisor:

Turakhodjaev Nodir Djakhongirovich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Dunyashin Nikolay Sergeevich
doctor of technical sciences, professor

Akhmedov Hasan Islomovich
candidate of technical sciences, docent

Leading organization:

Fergana Polytechnic Institute

The defense will take place «_18_» _february_ 2023 y at _14⁰⁰_ at the meeting of the scientific council № DSc.03/30.12.2019.T.03.04 at Tashkent State Technical University of Uzbekistan. (Address: 100095, Tashkent street, University 2. Tel/fax No (99871) 227-10-32, E-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information and Resource Center of Tashkent State Technical University (registration number №304). (Address: 100095, st. University 2, Tashkent Tel/Fax: (99871) 227-10-32).

Abstract of dissertation sent out on «4» february 2023y.
(mailing report №157 on «03» february 2023y).

K.A.Karimov

Chairman of scientific council for
awarding degree,
doctor of technical sciences, professor

Sh.B.Tashbulatov

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

N.S.Dunyashin

Chairman of scientific council seminar at the
Scientific Council for the awarding academic degrees,
doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (Doctor of Philosophy (PhD) dissertation abstract in technical sciences)

The purpose of the study is to increase the wear resistance of the teeth of disc cutters.

Research objectives:

Determination of rational modes of complex processing of a disk cutter with high-speed steel R6M5;

Determination of the effect on the cutting properties and destruction of the teeth of a coated disc cutter with a thermochemically treated surface (ion nitriding +(TiAl)N, ion nitriding +(TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N);

Determination of the influence on the cutting properties and destruction of the teeth of a coated disc cutter alloyed with electron beam modification and thermochemically treated surface (ion-nitriding + alloying (NbHf) + (TiAl)N);

Study of the influence on the cutting properties and destruction of the teeth of a disk cutter with a diamond-like and (TiAl)N coating and a multi-layered surface TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N(nATCrO₃);

Determination of the stability of various coatings and their physico-chemical properties, the surface layer of which is modified with high-speed steel disc cutters;

Development of a technological process for the complex processing of disk cutters.

The object of the research was cutting tools with a composite nanostructured coating from a nanocomponent of chromium-nickel alloy grade 34KhN1MA.

The scientific novelty of the research:

Wear-resistant coating technology was developed for the functional surface of the cutting tool with preliminary ion-nitrided, ion-alloyed processing and with an electron-beam surface of a disk cutter made of R6M5 high-speed steel;

Rational modes of complex processing of a disk cutter with R6M5 high-speed steel are determined;

The influence on the cutting properties and destruction of the teeth of a coated disc cutter with a thermochemically treated surface (ion nitriding +(TiAl)N, ion nitriding +(TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N) was determined when processing an alloy of grade 34KhN1MA;

The influence on the cutting properties and destruction of the teeth of a disc cutter with a coating alloyed with electron beam modification and a thermochemically treated surface (ion nitriding+alloying (NbHf) + (TiAl)N) when processing an alloy of grade 34KhN1MA;

A modification technology has been developed as a result of studying the effect on the cutting properties and destruction of the teeth of a disk cutter with a diamond-like and (TiAl)N coating and a multi-layered surface (TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N(nATCrO₃) when processing 34KhN1MA grade alloy;

When processing the material 34KhN1MA, obtained by casting, the optimal modes of coating the teeth of the cutter rod, which are resistant to erosion, have been developed.

Implementation of research results. Based on the scientific results obtained in the production of wear-resistant cutting tools through the passage of technological processes to increase the stability of the teeth of disc cutters by the complex processing method, i.e. ion nitriding, ion alloying and wear-resistant coating:

As a result of the technology of complex processing of high-speed tool steel R6M5 with ion-nitriding + ion-alloying (NbHf) + (TiAl)N, wear resistance increased by 5 times compared to the original one, and machine tool productivity increased by 18%;

The disk cutter made of high-speed tool steel P6M5 was for the first time ion-nitrided + (TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N (nATCrO₃) coating of a new composition, the wear resistance of which is 3 times higher than that of the original, and the efficiency of the machine.

Disc milling cutter made of high-speed tool steel P6M5 (TiCr)N-(TiAl)N-(CrAlSi)N (nATCrO₃) with coating using a new processing technology made it possible to increase wear resistance by 2 times and machine productivity by 9% compared to the original;

The technology for increasing the stability and wear resistance of the teeth of disc cutters was put into practice by the method of complex processing of the Navoi Machine-Building Plant PA (certificate of the Navoi Mining and Metallurgical Combine No. 02-06-07 / 12254 of November 23, 2020). wear resistance of teeth of a disk cutter;

Disk cutters of increased stability and wear resistance were put into operation at JSC "Bukhara Repair and Mechanical Plant" (certificate of the State Corporation "Navoi Mining and Metallurgical Plant" No. 02-06-07 / 12254 dated November 23, 2020). As a result, the possibility of increasing the efficiency of the R6M5 cutting tool by 20% and productivity by 10% was obtained.

The structure and volume of the thesis. The dissertation work consists of an introduction, four chapters, conclusions, a list of references and applications. The volume of the dissertation is 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (чаft I; part I)

1. Шарипов Ж.О., Фёдоров С.В., Фозилов С.Ф., Мавлонов Б.А. Комплекс ишлов бериш усули билан дисксимон фреза тишлари ейилишга бардошлилигини ошириш // Монография. Бухоро, «Шарқ-Бухоро» МЧЖ га қарашли босмаҳонаси, 2021., 147 б. ISBN&ISSN raqami: 37:621.914.1 К 64
2. Ковалев И.А., Нежметдинов, Шарипов Ж.О., Р.А. Разработка системы управления высокоточными обрабатывающими центрами наклонной компоновки // Фан ва технологиялар тараққиёти. Илмий-техникавий журнал. Бухоро-2019. № 5, 26-32 б. (05.00.00; № 24).
3. Фёдоров С.В., Ўринов Н.Ф., Шарипов Ж.О., Комплексная обработка поверхности дисковых фрез из быстрорежущей стали // Фан ва технологиялар тараққиёти. Илмий-техникавий журнал. Бухоро–2019. №5, 144-149 б. (05.00.00; № 24).
4. Шарипов Ж.О., Саидов С.У., Фёдоров С.В. Повышение стойкости поверхности зубцов дисковых фрез методом комплексной обработки // Инженерные решения. Электронный научный журнал. Новосибирск-2020. №5 (15), С.9-11. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42877723>
5. Fedorov S, Sharipov J., Odinaev R, Sayliev I, Saidov S, Mukhammadov M. Improving the surface stability of the teeth of disk cutters by complex processing // International journal of advanced research in science, engineering and technology. Volume 7, Issue 5, May 2020 , P. 13654 - 13659. SJIF. IF:6.1. (05.00.00; №8).
6. Фёдоров С.В. Шарипов Ж.О., Комплексная обработка поверхности дисковых фрез из быстрорежущей стали. Фан ва технологиялар тараққиёти. Илмий-техникавий журнал. Бухоро – 2021. №2, 102-109 б. (05.00.00; №24).
7. Fyodorov S.V. Sharipov J.O., Влияния многослойных покрытий для режущего инструмента // O‘zbekiston to‘qimachilik jurnali. Ilmiy-texnikaviy jurnal. Тошкент-2021. №1, 17-23 б. (05.00.00; №17).
8. J.O.Sharipov, Sh.H.Samiyeva, N.D.Turaxodjayev. Интерактивные методы повышения износостойкости лезвий режущих инструментов // O‘zbekiston to‘qimachilik jurnali. Ilmiy-texnikaviy jurnal. Тошкент-2022. №2, 10-17 б. (05.00.00; №17).
9. J.O.Sharipov, Sh.H.Samiyeva, N.D.Turaxodjayev. Износостойкость быстрорежущих инструментов с покрытием из жаропрочных, хромистых сплавов // Фан ва технологиялар тараққиёти. Илмий-техникавий журнал. Бухоро – 2022. №4. 134-141 б. (05.00.00; №24).

10. Fedorov S.V., Sharipov J.O., Abrorov A.S. Increasing the surface stability of the cutting tool through complex machining // Journal of Physics: Conference Series. 1889 (2021) 022079. doi:10.1088/1742-6596/1889/2/022079. (01.00.00; №3 (Scopus))

II бўлим (II часть; part II)

11. Фёдоров С.В., Уринов Н.Ф., Шарипов Ж.О. Повышения стойкости поверхности зубьев дисковых фрез методом комплексной обработки // Замонавий ишлаб чиқаришда муҳандислик ва технологик муаммоларнинг инновацион ечимлари халқаро илмий анжуман материаллари. Бухоро-2019. 115-118 б.
12. Аброров А.С., Шарипов Ж.О. Комплекс ишлов бериш усули билан тола ажратиш машиналари аррали цилиндр тишлари сиртини мустаҳкамлаш технологиясини ишлаб чиқиш // Олий таълим инновацион фаолияти ва фаол тадбиркорлик интеграцияси ривожланишининг муаммолари мавзусида профессор-ўқитувчилар, илмий изланувчилар, магистрлар ва талабаларнинг илмий-амалий анжумани материаллари. Бухоро-2019. 347-349 б.
13. Шарипов Ж.О., Аброров А.С. Комплекс ишлов бериш усули билан дисксимон фреза тишлари турғунлигини ошириш // Олий таълим инновацион фаолияти ва фаол тадбиркорлик интеграцияси ривожланишининг муаммолари» мавзусида профессор-ўқитувчилар, илмий изланувчилар, магистрлар ва талабаларнинг илмий-амалий анжумани материаллари. Бухоро-2019. 349-351 б.
14. Фёдоров С.В., Уринов Н.Ф., Шарипов Ж.О., Умирзоков Ж.У. Инновационное оборудование для формирования износостойких поверхностных сплавов на обрабатываемом дисковых фрез // Инновацион техника ва технологияларнинг қишлоқ хўжалиги-озиқ-овқат тармоғидаги муаммо ва истиқболлари мавзусидаги халқаро илмий ва илмий-техник анжумани. Тошкент-2020. 53-55 б.
15. Уринов Н.Ф., Шарипов Ж.О., Одинаев Р.С. Разработка многослойных покрытий для дисковых фрез // Инновацион техника ва технологияларнинг қишлоқ хўжалиги-озиқ-овқат тармоғидаги муаммо ва истиқболлари мавзусидаги халқаро илмий ва илмий-техник анжумани. Тошкент-2020. 138-139 б.
16. Шарипов Ж.О. Одинаев Р.С. Разработка многослойных покрытий для быстрорежущих инструментов // Инновационные пути решения актуальных

проблем развития пищевой и нефтегазохимической промышленности материалы международной научно-практической конференции. Бухара-2020. 326-328 С.

17. Шарипов Ж.О., Фозилов С. Ф., Мавлонов Б. А, Мавлонова Ф.С., Ражабов О.С. Износостойких поверхностных сплавов на обрабатывающем дисковых фрез // Қорақалпоғистон республикасида кимё ва кимёвий технология соҳалари ривожининг долзарб масалалари мавзусидаги илмий-амалий конференция материаллари тўплами. Нукус-2021. 359-361 б.
18. Шарипов Ж.О., Ҳомидов М.Ш. Исследование многослойных покрытий для дисковых фрез // Хизмат кўрсатиш соҳасини инновацион ва рақамли иқтисодиёт шароитида ривожлантириш муаммоларихалқаро илмий-амалий анжуман материаллари тўплами. Самарқанд-2021. 83-85 б.
19. Шарипов Ж.О., Фёдоров С.В. Влияние структурных и фазовых превращений в легированном подповерхностном слое быстрорежущих инструментов на их износостойкость при резке жаропрочных, хромовых сплавов // Профессионал таълим муассасаларида дуал таълимни ташкил этишнинг замонавий тенденциялари ва ривожланиш омиллари республика илмий-амалий конференция материаллари. Бухоро-2021. 94-103 б.
20. Шарипов Ж.О. Влияние антифрикционных алмазоподобных (dlc) покрытий на надежность процесса фрезерования без сож хромовых сплавов // Профессионал таълим муассасаларида дуал таълимни ташкил этишнинг замонавий тенденциялари ва ривожланиш омиллари республика илмий-амалий конференция материаллари. Бухоро-2021, 300-303 б.
21. Sharipov J.O., Barakayev F.N., Fozilov S.F., Karimova Z.M., Zaripov M.X. Increasing the resistance of the cutting tool during heat treatment and coating // "Zamonaviy ilm-fan muammolari va istiqbollari bo'yicha 1-xalqaro konferensiya (ICPPMS-2021)". Toshkent-2021.
22. Шарипов Ж.О., Фозилов С.Ф. Бабакулов Ф.Б. Влияния многослойных покрытий для режущего инструмент дисковых // фрез НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК СамГУ Электронный выпуск материалов Международной конференции “SOL-GEL 2020” Самарқанд-2021.
23. Ж.О.Шарипов, С.В.Фёдоров, С.Ф.Фозилов, Влияние антифрикционных алмазоподобных (dlc) покрытий на надежность процесса фрезерования // Республиканская научно-практическая конференция «Актуальные проблемы промышленной инженерии». Бухара- 2021 г. С.297-298

24. J.O.Sharipov, S.V.Fedorov, S.F.Fozilov, The influence of structural and phase transformations in the alloyed subsurface layer of fast cutting tools on their wear resistance when cutting refractory alloys // Республиканская научно-практическая конференция «Актуальные проблемы промышленной инженерии». Бухара- 2021 г. С.300-303