

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА
ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.FM / Т.03.04 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

РАСУЛОВ АЛИШЕР ХАКИМОВИЧ

**КУКУН МЕТАЛЛУРГИЯСИ УСЛУБИ БИЛАН ҚАТТИҚ
ҚОТИШМАЛИ КИРИШ ҚУТИСИ РОЛИКЛАРИНИ ТАЙЁРЛАШ
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси**

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

Тошкент–2017

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

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

**Contents of the author's abstract of the thesis of the Doctor of Philosophy
(PhD) in the technical sciences**

Расулов Алишер Хакимович

Кукун металлургияси услуги билан қаттиқ қотишмали кириш
кутиси роликларини тайёрлаш технологиясини ишлаб чиқиш 5

Расулов Алишер Хакимович

Разработка технологии производства твердосплавных роликов
вводной коробки клетки методом порошковой металлургии 19

Rasulov Alisher Khakimovich

Development of technologies for the production of hard-alloy roller
inlet box stand by powder metallurgy 35

Эълон қилинган ишлар рўйхати 39

Список опубликованных работ

List of published works

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА
ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.FM / Т.03.04 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

РАСУЛОВ АЛИШЕР ХАКИМОВИЧ

**КУКУН МЕТАЛЛУРГИЯСИ УСЛУБИ БИЛАН ҚАТТИҚ
ҚОТИШМАЛИ КИРИШ ҚУТИСИ РОЛИКЛАРИНИ ТАЙЁРЛАШ
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси**

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

Тошкент–2017

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.1.PhD/T70 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифанинг www.tadqiqotchi@tdtu.uz ҳамда «ZiyoNet» ахборот-таълим порталида www.ziyo.net жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:

Нурмуродов Салоҳиддин Дўсмуродович
техника фанлари доктори, доцент

Расмий оппонентлар:

Абдуллаев Фатхулла Сагдуллаевич
техника фанлари доктори, профессор

Жумабоев Алижон Бакишевич
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Навоий давлат қончилик институти

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ва Ўзбекистон Миллий университети ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.27.06.2017.FM / T.03.04 рақамли Илмий кенгашнинг 2017 йил “___” “_____” соат ___ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси-2.Тел./факс: (998971) 227–10–32 e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университети Ахборот–ресурс марказида танишиш мумкин (___ рақам билан рўйхатга олинган.) Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўч. 2. Тел: (998971) 226-46-00

Диссертация автореферати 2017 йил “___” _____да тарқатилди
(2017 йил “___” _____даги ___ рақамли реестр баённомаси)

К.А.Каримов

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

Н.Д.Тураходжаев

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш котиби, т.ф.д., доцент

Р.М.Михридинов

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда саноат соҳаларида қийин эрийдиган металлларнинг куқунларидан махсус механик, технологик и физик хоссаларга эга бўлган қаттиқ қотишмали асбобларни олишга бўлган талаб ортиб бормоқда. Нанокуқунлар асосида нуқсонсиз қаттиқ қотишмали материаллар олиш борасида жаҳонда нанотехнология учун йилига 9–10 миллиард АҚШ доллари сарф қилинмоқда, жумладан АҚШ да 4–5 миллиард АҚШ доллари, Японияда 2–3 миллиард АҚШ доллари, қолган давлатларда 2 миллиардга яқин АҚШ долларини ташкил этади. Буюмларнинг сифатини яхшилаш, асбобларнинг умрбоқийлигини ва ишончилигини оширишнинг комплекс муаммоларини ечишда янги материалларни яратиш асосида қаттиқ қотишмали деталлар тайёрлаш муҳим вазифалардан бири бўлиб қолмоқда.

Республикамиз мустақилликка эришгандан буён мамлакатимизда маҳаллий хомашёдан қийин эрийдиган металлларнинг куқунлари ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқариш йўлга қўйилиб, жаҳон бозорида рақобатбардош бўлган қаттиқ қотишмали деталь ва буюмларни ишлаб чиқаришни локаллаштиришга алоҳида эътибор қаратилди. Бу борада маҳсулот сифатини ошириш, қаттиқ қотишмали деталлар тайёрлашнинг технологияларини такомиллаштириш ва термик ишлов бериш режимларини оптималлаш борасида сезиларли натижаларга эришилиб, жумладан маҳаллий хомашёдан қийин эрийдиган металлларнинг куқунларини олиш имконияти яратилди, керакли хоссаларга эга бўлган қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқилди, куқун металлургияси услубида олинаётган маҳсулотларнинг таннархи пасайтирилди. Шулар билан бир қаторда металлургия комбинатларининг экспорт рақобатбардошлигини тامينлайдиган энергиятежамкор технологияларини такомиллаштиришни талаб этмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «... миллий иқтисодиётнинг рақобатбардошлигини ошириш, ... иқтисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш» вазифаси белгилаб берилган. Ушбу вазифани бажаришда металлургия комбинатларида қўлланиладиган технологиялар энергиятежамкорлик кўрсаткичларини янада ошириш, қаттиқ қотишмали буюм ва деталлар ишлаб чиқариш жараёнини такомиллаштириш асосида маҳсулот сифати ва рақобатбардошлигини ошириш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

Жаҳонда куқун металлургияси усулида олинаётган қаттиқ қотишмали буюм ва деталларни ишлаб чиқариш жараёнини такомиллаштиришга катта аҳамият берилмоқда. Жумладан, мавжуд бўлган қаттиқ қотишмаларнинг таркибини оптималлаш ва уларни олиш технологияларини такомиллаштириш, куқун металлургияси асосида олинган деталларга термик ишлов беришнинг янги режимларини ишлаб чиқиш мазкур соҳани ривожлантиришнинг асосий омилларидан ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги, 2011 йил 29 июлдаги ПФ-1590-сон «Тайёр маҳсулотларни, ташкил қилувчи буюмларни ва материалларни ишлаб чиқаришнинг локаллаштирилишини 2011-2013 йилларда саноат кооперацияси асосида чуқурлаштириш чора-тадбирлари» Фармонлари ва 2016 йил 10 августдаги ПҚ-2573-сон «Нодир металллар ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқариш бўйича Илмий-ишлаб чиқариш бирлашмасини ташкил этиш тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланиши устувор йўналишларига мослиги. Мазкур диссертация Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишлари: II. «Энергетика, энергия ва ресурстежамкорлик» устувор йўналишларига мос равишда бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дунё тажрибасида қаттиқ қотишмалар яратиш бўйича хорижлик олимлардан Х. Shreter, R. Kiffer, Т. Shtraux, Р. Rautal, Dj. Norton ва бошқалар илмий тадқиқот ишларини олиб боришган. Махсус технологик, кимёвий ва физик хоссаларга эга бўлган қаттиқ қотишмали асбобларни қийин эрийдиган металлларнинг юқоридисперс кукунлари асосида янги қотишмалардан олишга йўналтирилган илмий тадқиқотлар муҳим вазифа ҳисобланади. Бу йўналишда илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан, А.А. Байков номидаги металлургия ва машинасозлик институти (Россия), Россия Фанлар Академияси кимё институтининг Урал бўлимида (Россия), Япония металлургия институти, Нагоя университети (Япония), Америка фан ва технологиялар университети (АҚШ), Англия технологиялар университети (Англия), Белоруссия Миллий техника университети (Белоруссия), И.Н. Францевич номидаги материалшунослик муаммолари институти (Украина), Тошкент давлат техника университети (Ўзбекистон) томонидан олиб борилмоқда.

Қийин эрийдиган металлларнинг юқоридисперс кукунлари асосида янги қотишмалардан махсус технологик, кимёвий ва физик хоссаларга эга бўлган қаттиқ қотишмали асбобларни олиш ва уларни турли соҳаларда қўллашга оид жаҳонда олиб борилган тадқиқотлар натижасида қатор, жумладан, қуйидаги илмий натижалар олинган: турли қийин эрийдиган металл ҳамда бирикмалар нанокукунларини ва қаттиқ қотишмаларда наноструктураларни олиш технологияси ишлаб чиқилган (Металлургия ва материалшунослик институти, Фанлар академияси Иссиқлик физикаси институти, Россия); вольфрамсиз никель-молибден асосидаги кўп компонентли титан карбидли, ванадий, вольфрам, ниобий асосидаги карбидларнинг турли таркиблари ишлаб чиқилди (Грузия политехника институти, Грузия); наноструктурали

қаттиқ қотишмалар ва турли қийин эрийдиган металлларни олиш технологиялари ишлаб чиқилди (Россия Фанлар Академияси иссиқлик физикаси институти, Россия); қаттиқ қотишмаларни конструкция материалларнинг янги таркиби ишлаб чиқилган (Тошкент давлат техника университети, Ўзбекистон).

Ўзбек олимларидан Р.У. Каламазов, В.В.Чекуров ва бошқалар қаттиқ қотишмаларни конструкция материаллар яратиш бўйича илмий изланишлар олиб боришган. Қийин эрийдиган металлларнинг қурунлари асосида оптимал мустаҳкамлик ва пластикликни мужассамлаштирган қаттиқ қотишмаларни роликларни тайёрлаш технологияси бўйича тадқиқотлар етарли даражада олиб борилмаган. Ҳозирги вақтда қаттиқ қотишмаларни қурун металлургияси асосида олиш илмий-амалий аҳамиятга эга долзарб вазифа ҳисобланади.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университетининг илмий-тадқиқот ишлари режасининг ИОТ-2015-7-8 «Экстремал шароитда ишлайдиган молибден-титан қотишмасидан тайёрланган асбобларни ишлаб чиқаришга жорий этиш» (2015–2016 йй.) мавзусидаги инновация ишлари ва №14/13 «СПЦ–2 «300» стани учун молибден-титан карбиди қотишмасидан арматура роликларининг намунавий партиясини тайёрлаш ва ишлаб чиқариш технологиясини ишлаб чиқиш» (2013-2015 йй.) хўжалик шартномалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади қийин эрийдиган металлларнинг қурунларидан фойдаланиб қаттиқ қотишмаларни роликлар тайёрлаш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

мавжуд бўлган технологиялар тадқиқотларининг ҳозирги ҳолатини ўрганиш ҳамда қаттиқ қотишмаларнинг таркибини таҳлил қилиш ва технологияларини такомиллаштириш;

хизмат муддатини ошириш мақсадида қурун металлургияси услубида қаттиқ қотишмаларни қурун қурунлари роликларини ишлаб чиқиш;

оптимал мустаҳкамлик ва пластикликни мужассамлаштирган қаттиқ қотишмаларни шакл берувчи асбобни ишлаб чиқиш;

қурун металлургияси усулида тайёрланган Mo-TiC-Ni-W-Fe системалари янги таркибли пиширилган қотишма ишлаб чиқиш;

қийин эрийдиган металлларнинг қурунларидан фойдаланиб қаттиқ қотишмаларни қурун қурунлари роликларини тайёрлашнинг такомиллаштирилган технологиясини ишлаб чиқиш ва улардан янги турдаги буюмлар ишлаб чиқариш;

қурун металлургияси усулида тайёрланган Mo-TiC-Ni-W-Fe системалари янги пиширилган қотишмадан оптимал мустаҳкамлик ва пластикликни мужассамлаштирган қаттиқ қотишмаларни буюмларни ишлаб чиқариш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида прокат станининг роликлари, қурун металлургияси услубида тайёрланган Mo-TiC-Ni-W-Fe системалари янги

таркибли қотишма олинган.

Тадқиқотнинг предметини куку металлургияси услуби билан қаттиқ қотишмали кириш қутиси роликларини тайёрлаш технологияси ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида олинган қаттиқ қотишмали роликларнинг структурасини ўрганиш учун металлография, рентген тузилиши таҳлили, намуналарнинг макро - ва микроқаттиқлигини ўлчаш усуллари, термик ишлов бериш режимлари, абразив ейилишга синовлар ва тайёр буюмларнинг натуравий синов усуллари қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

куку металлургияси услубида қаттиқ қотишмали кириш қутиси ролигини тайёрлашда унинг мустаҳкамлигини таъминловчи такомиллаштирилган технологияси ишлаб чиқилган;

оптимал мустаҳкамлик ва пластикликни таъминловчи қаттиқ қотишма асосидаги матрицани тайёрлаш технологияси ишлаб чиқилган;

роликларнинг мустаҳкамлиги ва пластиклигини оширишини таъминлайдиган Mo-TiC-Ni-W-Fe системали қотишманинг 60%TiC, 20%Ni, 4%W, 4%Fe ва молибденли оптимал таркиби ишлаб чиқилган;

роликларнинг ейилишга бардошлилигини оширишни таъминлайдиган Mo-TiC қотишмасининг TiC-42%; Ni-12,0%; W-4,0%; Fe-3,0%, Mo-39,0% дан иборат таркиби ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

куку металлургияси усулида тайёрланган Mo-TiC-Ni-W-Fe системали янги пиширилган қотишмадан олинган қаттиқ қотишмали асбобларни пишириш ва пресслаш тартиблари ишлаб чиқилган;

қаттиқ қотишмаларни пишириш ва пресслаш технологияларини такомиллаштириш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилган;

куку металлургияси услуби билан қаттиқ қотишмали кириш қутиси роликларини тайёрлашнинг такомиллаштирилган технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги олинган тажриба-экспериментал материаллар натижаларининг бошқа статистик тажриба натижаларига мослиги ва стандарт усуллар қўлланилгани ҳисобланади. Бу изланиш металлография ва рентгеноструктура таҳлилари, макро - ва микроқаттиқлиги қийматлари, термик ишлов бериш, ейилишга бардошлилик синовлари натижаларининг тўлиқ ўзаро боғлиқлиги, олинган тажриба натижалари мавжуд тажриба маълумотларига солиштирилганлиги ва реал иқтисодий фойда билан ишлаб чиқаришга жорий этилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти куку металлургияси усулида тайёрланадиган қаттиқ қотишмали деталларнинг механик хоссаларини оптималлаш имконининг яратилиши билан изоҳланади.

Тадқиқотнинг амалий аҳамияти ишлаб чиқилган технология асосида тайёрланган қаттиқ қотишмали деталларнинг мустаҳкамлигини ва хизмат муддатини оширишга хизмат қилишдан иборат.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Кукун металлургияси услуги билан қаттиқ қотишмали кириш қутиси роликларини тайёрлаш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган натижалар асосида:

қийин эрийдиган дисперсс материалларни олиш учун қўлланиладиган плазмокимёвий реактор конструкциясини ишлаб чиқиш бўйича Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг ихтирога патенти олинган («Плазмокимёвий реактор» № IAP 04732. 2013й). Натижада плазмокимёвий реактор конструкцияси қийин эрийдиган металлларнинг кукунларини олиш имконини берган;

хизмат муддатини ошириш мақсадида кукун металлургияси услубида тайёрланган қаттиқ қотишмали роликлар «Ўзметкомбинат» АЖнинг СПЦ-2га жорий этилган («Ўзметкомбинат» АЖнинг 2017 йил 28 апрелдаги 01-1/606-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижалари қаттиқлик ва мустаҳкамлик кўрсаткичларини 1,2–1,3 мартага ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 7 та, жумладан 2 та халқаро ва 5 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Тадқиқот мавзуси бўйича жами 12 та илмий иш, жумладан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 6 та мақола (4 та республика ва 2 та хорижий журналларда) чоп этилган, 1 та ихтирога патент олинган ва 1 та монография чоп этилган.

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

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, мақсади ва вазифалари, шунингдек, тадқиқот объекти ва предмети шакллантирилган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларни ривожлантиришнинг муҳим йўналишларига мослиги келтирилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалар баён этилган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти ёритилган, тадқиқот натижаларини амалиётга қўллаган муассасалар, эълон қилинган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумот берилган.

Диссертациянинг «**Муаммонинг ҳолати ва тадқиқотлар йўналишини танлаш**» деб номланган биринчи бобида ўзида оптимал мустаҳкамлик ва пластикликни мужассамлаштирган қаттиқ қотишмали асбобни яратиш асослари ва кукун металлургияси услуги билан қаттиқ қотишмали

кириш қутиси роликларини тайёрлаш технологиясини ишлаб чиқишнинг ҳозирги ҳолати ўрганилган.

Бу муаммо билан кўпгина муаллифлар шуғулланганлиги айтиб ўтилган. ХХІ асрнинг бошлари қийин эрийдиган юқоридисперс материаллар технологиясининг ривожланиши шарафланади. Улар дунёнинг барча ривожланган мамлакатларида инсон фаолиятининг муҳим соҳаларида (саноат, муҳофаа, радиоэлектроника, энергетика, транспорт соҳасида, биотехнологияда, тиббиёт ва б.) аллақачон ишлатилмоқда. Адабиётлар таҳлили шуни кўрсатдики, ҳозирги вақтда плазма кимёвий усулдан фойдаланиб кўпгина қийин эрийдиган металлларнинг юқоридисперс кукунларини олиш имкони мавжуд.

Кўпгина давлатларда олиб борилаётган тадқиқотларнинг таҳлиллари юқори ишловчанлик характериға эға бўлган қаттиқ қотишмали асбобларни, асбобсозлик ва бошқа материалларни ишлаб чиқаришда қийин эрийдиган металлларнинг юқоридисперс кукунларидан фойдаланишнинг реал имкониятлари мавжудлигидан дарак беради. Аммо механик хоссаларини яхшилаш учун қотишма ва кукун материалларидан қаттиқ қотишмали асбобларни жорий этиш бўйича, қийин эрийдиган металлларнинг юқоридисперс кукунлари асосида қаттиқ қотишмали асбобларни, шунингдек композитларни яратиш йўналишида тадқиқотлар етарли даражада олиб борилмаган. Шундай қилиб, диссертация ишининг мақсад ва вазифалари шакллантириб олинди.

Диссертациянинг «Тадқиқот усуллари ишлаб чиқиш ва объектларини танлаш» деб номланган иккинчи бобида тадқиқот объектлари келтирилган. Тадқиқотнинг объекти сифатида «Ўзметкомбинат» АЖ СПЦ-2, 300 - стани №23 ва № 25 клети кириш қутиси роликлари, кукун металлургияси услубида тайёрланган Mo-TiC-Ni-W-Fe системали янги молибденли пиширилган қотишма олинган. Mo-TiC-Ni-W-Fe системали янги молибденли пиширилган қотишманинг бир қанча оптималаштирилган кимёвий таркиби ўрнатилган (2.1 - жадвал).

2.1 - жадвал

**Mo-TiC-Ni-W-Fe системали молибденли пиширилган
қотишманинг кимёвий таркиби**

Микдори, мас., %				
TiC	Fe	Ni	W	Mo
60–62	3,5–4,0	20–22	3,5–4,0	қолгани

Композицияларнинг физик-механик характеристикалари: зичлиги, қаттиқлиги ва эгилишға мустаҳкамлиги қаттиқ қотишмалар учун белгиланган Давлат стандартлари услубларида аниқланди: зичлик ρ , г/см³ – гидростатик тортиш услуби билан; қаттиқлик– Виккерс жиҳозида (приборида) ; эгилишға мустаҳкамлиги $\sigma_{\text{г}}$ – УММ – 5 эгишға синаш машинасида.

Композицияларнинг характеристикаларини ҳисобга олган ҳолда 6х6х39 мм (пиширилгандан кейин 5х5х34 мм) ўлчамдаги стандарт намуналар олинди. Ҳар хил материаллардан тайёрланган СПЦ-2, 300 - стани кириш қутиси роликларининг турғунлигини таққослаш таҳлили 2.2-жадвалда келтирилган.

Тадқиқот натижаларига кўра Мо-TiC-Ni-W-Fe системали пиширилган молибденли қотишма қуйидаги физик-механик хоссаларга эга эканлиги аниқланди:

чирик кенгайиш коэффициент, $\text{град}^{-1} - 6,0 \times 10^{-6}$;

зичлик, $\text{г/см}^3 - 7,5 - 8,0$;

қаттиқлик, HRC – 83 – 84;

эгилишга мустаҳкамлик, МПа – 1150.

2.2- жадвал

Ҳар хил материаллардан тайёрланган СПЦ-2, 300 - стани кириш қутиси роликларининг турғунлигини таққослаш таҳлили

№ п/п	Буюмнинг номланиши	Диаметр, мм	Ролик шакли	Материал	Иш ресурси/ прокат миқдори, (т)	Тадқиқотларни ўтказиш вақти, йил
1	23 клетки ролиги	80	ромб	Пўлат 65Г	320	2008 й.
3	- // -	80	овал	Қат. қот. (пур. СПЦ-2)	3250	2009 г.
4	- // -	80	ромб	Қат. қот.. (пур. СПЦ-2)	3790	2009 й.
5	- // -	80	овал	Чўян	500	2010 й.
6	- // -	80	овал	ВК 6	24000	2011 й.
7	- // -	80	ромб	Пўлат 65Г	200	2008 й.
8	- // -	80	ромб	Қат. қот. (пур. СПЦ-2)	3950	2009 й.
9	- // -	80	овал	Қат. қот. (пур. СПЦ-2)	4800	2009 й.
10	- // -	80	овал	Қат. қот. (пур. СПЦ-2)	6270	2014 й.
11	- // -	80	ромб	Пўлат 65Г	150	2008 й.
12	- // -	80	ромб	Қат. қот. (пур. СПЦ-2)	1030	2009 й.
13	- // -	80	овал	Қат. қот. (пур. СПЦ-2)	1300	2009 й.
14	- // -	65	овал	ВК15 йиғилган	20000	2012 й.
15	25 клетки ролиги	65	овал	Пўлат ШХ15	180	2016 й.
16	- // -	65	овал	Мо-TiC-Ni-W-Fe системали қотишма	8277(синов давом этмоқда)	2016 й.

Пиширилган молибденли қотишманинг хоссаларини баҳолашнинг яна бир муҳим жиҳати уни буюмларнинг якуний ўлчамларини олиш учун ишланувчанлигидир.

Ўтказилган тадқиқотлар асосида пиширилган янги молибденли қотишма учун подшипникларга ишлов бериш, жилвирлаш ва йиғиш билан шуғулланадиган «SPZ-BEARINGS» қўшма корхонаси шароитида, тозалаб жилвирлашнинг қуйидаги параметрлари таклиф қилинди:

1 - босқич. а) 63С16РСМ16К маркали жилвирлаш тошининг характеристикалари;

б) жилвирлаш тартиби: $v=25\text{м/мин}$; $t=0,03\text{мм/хар.йўли}$.

2 – босқич. а) АСР 125/100 Б2 100% маркали олмос тошининг характеристикаси;

б) сайқаллаш тартиби: $v=20\text{м/мин}$; $t=0,0015\text{мм/хар.йўли}$.

«SPZ-BEARINGS» қўшма корхонаси подшипниклар ишлаб чиқаришга ихтисослаштирилган бўлиб, мавжуд стандарт ўлчаш асбоблари ва жиҳозлари билан таъминланган. Корхонада ишлаб чиқарилган маҳсулотни синаш учун техник назорат бўлими (ТНБ), ихтисослаштирилиб сертификатлаштирилган лаборатория мавжуд.

Диссертациянинг **«Молибденнинг кукунларидан фойдаланиб асбоблар тайёрлаш технологияси»** деб номланган учинчи бобда Мо-TiC-Ni-W-Fe системали янги таркибли молибден кукунли пиширилган қотишма ва молибденнинг кукунларидан фойдаланиб шакл берувчи асбобларни тайёрлаш технологиялари келтирилган.

Молибден кукунларини олиш жараёнида янги реакторнинг чўкиш камерасида реактор тагида деярли кукунлар топилмади. Бу шундан гувоҳлик берадики киритилган молибден оксиди тўлиқ тикланган ва молибденнинг кукунлари филътрага тушган.

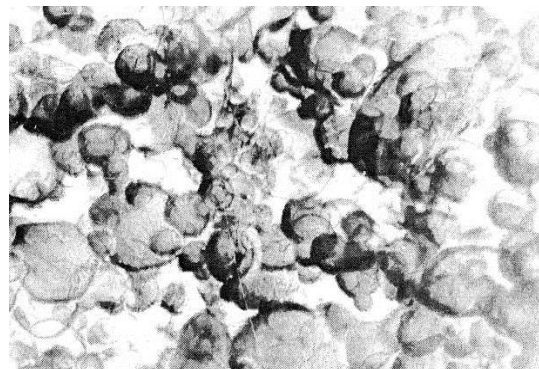
Молибден кукунларининг хомашё манбаи (Бишкек, Скопино, Степногорск, “ОТМК” АЖ)га ва тиклаш печларининг турларига (ОКБ-111А; СТН-1,6; СКБ-5062) қараб технологик характеристикаларининг боғлиқлиги кўриб чиқилган. Оксидларни ОКБ-111А печида тиклашда кўп миқдорда конгломератлар пайдо бўлиши кўрсатилган. Кўринишдан бу водороднинг кам сарфланиши билан тушунтирилади.

Молибден уч оксидини тиклаш давомида пайдо бўлиш йўли билан реакцияга кирувчи қаттиқ компонентларнинг дисперслиги ва структураси ўзгаради, газсимон реагент ва оксидлар бўлиниши чегарасида янги фазалар пайдо бўлиши ортади. Ҳарорат, газ фазасининг таркиби, қаттиқ фаза компонентларининг термик ишлаш параметрлари ва концентрацияси каби жараённи ўтказиш шартларини ўзгартириш билан оксидларни майдалашнинг берилган даражалари ва молибден кукунларининг талаб қилинган ўлчамдаги заррачаларини олишга эришилган.

Оксидларни сарф қилишга боғлиқ ҳолда ўртача 20-30 нм ўлчамдаги молибден кукунларини олиш мумкин. Аммо, шуни айтиш керакки агар махсус чоралар кўрилмаса, нанокукунлар ҳар хил турдаги кучлар (электрик, дисперс, магнит ва б.) таъсирида баъзи ҳолларда мустаҳкамлиги шунча кўтариладики, уларни замонавий майдалагичлардан фойдаланиб ҳам аввалги заррачалар ҳолатигача майдалашнинг имконияти бўлмайдиган конгломератлар ҳосил қилиши мумкин. Кукунларда конгломератларнинг мавжудлиги прессланган ва пиширилган материалда структураларнинг ҳар хил шаклланишига олиб келади.



**3.1 – расм. ППМ-1 саноат маҳсулотининг
микроструктураси, х300**



**3.2 – расм. Мо нанокукунларининг
электрон-микроскопик кўриниши, х 100.000**

3.2 – расмда молибден нанокукунларининг электрон-микроскопик кўриниши келтирилган бўлиб сферик шакллар коалесценциянинг шаклланиш механизмига етарлича қўшган ҳиссасидан гувоҳлик беради.

Мо кукунларидан саноат миқёсида фойдаланиш учун кислороднинг миқдори оғирлик бўйича 0,2% дан ошмаслиги керак. Шунинг учун кукунларни водородда куйдириш (тиклашгача) жараёнини тадқиқ қилиш амалий аҳамиятга эга. Олинган тадқиқотларнинг натижаларида юқори ҳароратда кукуннинг нисбий юзаси маълум даражада кичрайиши кузатилади. Унинг охириги қиймати стандарт кукунларга нисбатан анча мунча юқори бўлади.

Технологик жараёнларни такомиллаштириш ва ривожлантириш бевосита қаттиқ қотишмалардан фойдаланиш билан боғлиқ бўлиб, асбобларнинг эксплуатацион характеристикалари ва меҳнат унумдорлигининг сезиларли ортишига олиб келади. Қаттиқ қотишмаларни такомиллаштиришнинг истикболли йўналишларидан бири стандарт қаттиқ қотишмаларга нисбатан бир вақтнинг ўзида қовушоқлик ва ейилишга чидамлилик, мустаҳкамлик ва пластиклик каби хоссаларни таъминловчи технологияларни ишлаб чиқиш ҳисобланади. Айнан мана шу хоссаларни мужассамлаштириш асбобнинг умрбоқийлигини таъминлайди.

Талаб қилинган хоссаларни мужассамлаштиришга кўпдисперсли таркибга эга бўлган қотишма эга бўлади. Тахмин қилинишича фазанинг йирик доналари пластикликни, майда доналар эса қотишманинг юқори ейилишбардошлигини таъминлайди. Қотишма таркибидаги майда доналар улушининг ортиб бориши билан қаттиқлик, сиқилишдаги мустаҳкамлик ва оқувчанлик чегаралари ортиб боради. Эгилишдаги мустаҳкамлик чегараси қотишма ва аралашма таркибидаги катта ва майда доналар нисбатининг ўзгаришига деярли боғлиқ эмас, фақатгина майда доналар миқдори кўпайганда озгина пасаяди. Аралашмада титан карбидининг майда доналари 40 % гача ортганда пластик деформация чегараси деярли ўзгармайди, 60 % гача ортганда пластик деформация чегараси (10%) озгина пасаяди. Олинган маълумотларнинг таҳлили, пластиклик ва ейилишга чидамлилик

мужассамлигининг бирмунча фойдали қийматига катта ва майда фракциялар нисбати 60:40 га тенг қотишмалар эга бўлади.

25-сонли кириш кутиси клети ролигини ишлаб чиқариш учун Mo-TiC-Ni-W-Fe системали пиширилган молибден кукукли қотишма таркибини ишлаб чиқишнинг асосий вазифаларидан бири янги пиширилган молибден кукукли композицияни олиш технологиясини ва таркибини ишлаб чиқиш эди. Асосий элементлар Mo ва TiC дан ташқари технологик ва эксплуатацион характеристикаларни яхшилаш мақсадида композиция таркибига Ni, Fe, ва W киритилди:

молибден (Mo) – эластикликни, оловбардошликни, коррозияга қарши турғунликни таъминлайди;

титан (Ti) - иссиқбардошликни, юқори ҳароратларда механик мустаҳкамликни, коррозияга қарши турғунликни таъминлайди, пластиклик ва мустаҳкамлик характеристикаларининг оптимал нисбатини таъминлаш имконини беради;

никель (Ni) –композицияга керакли технологиклик ва пластикликка эришиш учун кукун қоришмасига киритилади. Никелнинг қотишмага киритилиши яхши прессланувчанликни, пиширишда эса эксплуатацион хоссаларига ижобий таъсир қилувчи хомакининг керакли зичлигини таъминлайди. Шунингдек никель қовушоқликни, механик мустаҳкамликни ва коррозияга қарши чидамлиликни (юқори ҳароратларда ишлатиладиган деталлар) таъминлайди;

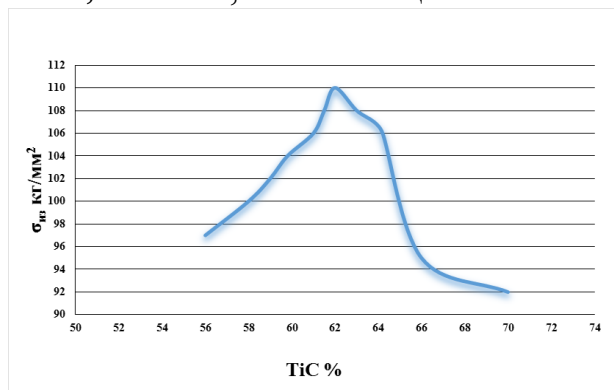
темир (Fe) – композицияга титан карбиди заррачалари юзасида оксидларни тиклаш ҳисобига технологикликни ошириш ва титанни молибден билан ўзлаштириш ҳисобига асбобни қаттиқ қоришмали мустаҳкамлаш учун киритилади;

вольфрам (W)–қаттиқлик ва оловбардошликни, ейилишга чидамлиликни таъминлайди, шунингдек вольфрам композицияга молибденли асосни қаттиқ қоришмали мустаҳкамлаш ва қотишманинг қаттиқлигини ошириш учун қўшилади.

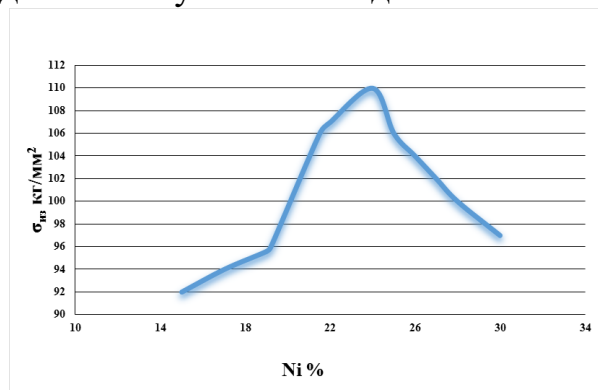
Дастлабки тадқиқотлар кукукли композицияларни пишириш йўли билан шу таркибдаги эвтектик қотишмаларни яратиш мумкин эмаслигини кўрсатди. Бунда пиширилган қотишма биронта параметр талабларига жавоб бермади. Шунинг учун алмаштирилган қотишмани ишлаб чиқиш бир томондан TiC миқдорини ошириш йўналишида, иккинчи томондан қотишманинг технологик ва эксплуатацион характеристикаларини яхшиловчи қийин эрийдиган металлларнинг қўшимчаларини киритиш йўналишида олиб борилди. Қотишмани таққослаб баҳолаш иккита характеристика: эгилишга мустаҳкамлик (σ_m) ва Роквелл бўйича қаттиқлик (HRC) ўтказилди. Маълумки бу характеристикалар иссиқ босим остида ишлов беришда асбобни ишловчанлиги ва умрбоқийлигини белгиловчи қаттиқлик ва оловбардошлик характеристикалари билан яхши келишади. Шунинг учун қотишмани ишлаб чиқиш учун оптимал таркибни аниқлашда баҳолаш мезони сифатида σ_m и HRC олинди. Таркибни оптималлаш

экспериментларни математик режалаш услубини қўллаш билан олиб борилди. Ишлаб чиқишда бошланғич нуқта сифатида характеристикалари ($\sigma_m=900$ МПа, HRC=80) қийматини тўлиқ назорат қилиш мумкин бўлган миқдори 60-65 % TiC, 3 -4 % Fe, 20 -22% Ni, 3-4 % W ва қолгани молибден Мо бўлган қотишма танланди.

Композиция таркибини оптималлашда тик кўтарилиш услубини қўллаб мустаҳкамлик даражаси $\sigma_m=1150$ МПа ва HRC=84 таъминлаган ва кейинги тадқиқотларни ўтказиш учун асос қилиб олинган кукунли композиция таркиби аниқланди. Кукунли композициянинг оптимал таркиби 62 % TiC, 4 % Fe, 22 % Ni, 4 % W ва қолгани молибден Мо ни ўз ичига олади.



3.3 – расм. TiC миқдори ўзгариши билан эгилишга мустаҳкамлик σ_m ҳисобли қийматларининг боғлиқлиги



3.4 – расм. Ni миқдори ўзгариши билан эгилишга мустаҳкамлик σ_m ҳисобли қийматларининг боғлиқлиги

25 - сонли кириш қутиси клети ролигини ишлаб чиқариш учун Мо-TiC-Ni-W-Fe системали пиширилган молибденли қотишмани олиш технологияси. Юқори хоссали кўрсаткичларга эришиш учун композицияни тайёрлаш технологиясини такомиллаштириш ва пишириш тартибларини ишлаб чиқиш муҳим роль ўйнайди. Кукун қоришмасини тайёрлаш «ОТМК» АЖ 3 – сонли металлургия цехи ишлаб чиқариш шароитида ва кичик ўлчамли ВК6 каттик қотишмали диаметри 20–40 мм бўлган шарлари бўлган шарли тегирмонларда қоришма ва шарлар ҳажмий нисбатлари 1:4 миқдорда олиб борилди. Композиция таркибига кирувчи компонентлар икки гуруҳга бўлинди. Биринчи гуруҳга Ni, W ва Мо кукунлари ва иккинчи гуруҳга TiC ажратилди. Иккала гуруҳ компонентлари бошқа бошқа тегирмонларга юкланди ва 10–12 соат давомида этил спирти муҳитида дастлабки қориштирувдан ўтди. Кейин иккала таркиблар қўшилиб яна 6–8 соат давомида якуний қориштириш ишлари давом эттирилди. Сўнгра қоришма дистилляторда 100–120 °С ҳароратда 8–12 соат давомида ушлаб турилди. Қурилган қоришма 8% ли каучукнинг бензиндаги эритмасида аралаштирилди, кейин яна 100–120°С ҳароратда 20–30 дақиқа давомида печда қурилди. Тайёр бўлган қоришма П4626 пресс – қурилмасида 115 кгс/мм² босимда формаларда прессланди. Пресслангандан кейин буюмлар парли шкафта 100–120°С ҳароратда 18–24 соат давомида қурилди. Сўнгра 1000–1100°С ҳароратда водородли муҳитда 1 соат давомида дастлабки

пиширувдан ўтди. Сўнгги пишириш тартиби буюмни ишлатилиш жойига қараб танланади. Юқори ҳарорат ва босим шароитида ишлайдиган шакл берувчи асбоб ёки ролик учун пишириш вакуум муҳитида 10^{-3} мм. сим. уст., $1450\text{--}1500^{\circ}\text{C}$ ҳароратда, 0,5-1 соат ушлаб турилади, пишириш 2–3 соат давомида олиб борилади.

Диссертациянинг «Қаттиқ қотишмали асбобни ишлаб чиқишнинг технологик жараёнлари тадқиқот натижаларини қўллашнинг амалий асослари ва иқтисодий-техник кўрсаткичларини баҳолаш» деб номланган тўртинчи бобида тадқиқот натижаларини қўллашнинг амалий асослари ва уларни қўллашнинг иқтисодий-техник кўрсаткичлари келтирилган.

Тадқиқотларнинг биринчи босқичи тугагандан кейинги биринчи галдаги вазифа олинган қотишманинг таркиби, физик-механик ва технологик характеристикалари даражасини баҳолаш эди. ВК6, Мо-TiC қотишмаларидан ва таклиф қилинаётган Мо-TiC-Ni-W-Fe системали янги таркибли қотишмадан тайёрланган кириш қутиси 25–сонли клети ролиги хоссаларини таққослаш 4.1-жадвалда келтирилган.

4.1-жадвал

ВК6, Мо-TiC қотишмаларидан ва Мо-TiC-Ni-W-Fe системали янги қотишмадан тайёрланган кириш қутиси 25 – сонли клети ролиги хоссаларини таққослаш жадвали

№ т/р	Қотишма	Чизиқли кенгайиш коэффициенти, k , град ⁻¹	Зичлик, ρ г/см ³	Қиттиқлик, HRC	Мустаҳкамлик, $\sigma_{\text{эги}}$, МПа
1	ВК 6	$5,5 \times 10^{-6}$	14,8 – 15,0	88 – 89;	1550.
2	Мо-TiC	$6,61 \times 10^{-6}$	6,4 – 6,6	85 – 86;	800.
3	Мо-TiC-Ni-W-Fe системали янги таркибли қотишма	$6,0 \times 10^{-6}$	7,5 – 8,0	83 – 84;	1150.

Куқун металлургияси усулида тайёрланган Мо-TiC-Ni-W-Fe системали янги пиширилган қотишмадан тайёрланган намуналарда ўтказилган дастлабки синов натижалари роликларнинг хизмат муддати (пўлат роликларга нисбатан 8-10 марта, графитли роликларга нисбатан 6–8 марта) ошганини кўрсатган, ва қиматбаҳо бўлган ВК6 қаттиқ қотишмаси билан солиштирганда деярли бир хил бўлган. Шундай қилиб, қаттиқ қотишмали асбобнинг иш ресурси ва ишловчанлик ишончилигини анча орттирадиган пиширишнинг такомиллаштирилган янги усули ва тартиби таклиф қилинди.

Молибден куқунларидан фойдаланиб шакл берувчи асбоблар ва турли мақсадларда ишлатиладиган бошқа асбобларни ишлаб чиқаришнинг такомиллаштирилган технологияси ишлаб чиқилган. 4.2-жадвалда «Ўзметкомбинат» АЖ СПЦ-2, 300 станининг захирани ҳисобга олган ҳолдаги эҳтиёжи келтирилган.

СПЦ-2, 300 станининг захирани ҳисобга олган ҳолдаги эҳтиёжи

т/р	Прокатланаётган маҳсулот тури	2016 йил учун ишлаб чиқариш, (т)	Чўян роликларга бўлган эҳтиёж. Бир жуфт роликлар ресурси 700 т, (дона)		Қаттиқ қотишмали роликларга бўлган эҳтиёж. Бир жуфт роликлар ресурси 20 000 т, (дона)	
			Асосийси	Захира	Асосийси	Захира
1.	Арматура №8	3 500	12	12	12	12
2	Арматура №10	71 000	202	15	15	15
3.	Арматура №12	130 000	372	8	14	8
4.	Арматура №14	75 500	218	15	15	15
5.	Арматурлар №15 ва №18	123 000	352	8	12	8
Жами:		404 000	1156	50	70	50

Қийин эрийдиган металлларнинг кукунларидан фойдаланиб тайёрланган роликлар ва шакл берувчи асбобларнинг тажрибавий саноат намуналари нодир металллар ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқариш бўйича Илмий-ишлаб чиқариш бирлашмаси («ОТМК» АЖ), «Ўзметкомбинат» АЖ ишлаб чиқариш шароитларида синалган. Намунавий 23 ва 25–сонли кириш қутиси роликлари СПЦ-2 «Ўзметкомбинат» АЖ ишлаб чиқариш шароитларида синовдан ўтказилган ва 10 000 тоннадан кўпроқ нуқсонсиз прокат олинган.

ХУЛОСА

«Кукун металлургияси услуги билан қаттиқ қотишмали кириш қутиси роликларини тайёрлаш технологиясини ишлаб чиқиш» мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Кукун металлургияси усулида тайёрланган Mo-TiC-Ni-W-Fe системали янги таркибли қотишмадан тайёрланган қаттиқ қотишмали асбобларни пресслаш (115 кгс/мм^2) ва пишириш (10^{-3} мм. симоб устунидан кам бўлмаган вакуум–муҳитда; $1450\text{--}1500^\circ\text{C}$ ҳароратда пишириш ва 0,5 -1с ушлаб туриш; пишириш вақти 2–3 соат) тартиблари ишлаб чиқилди. Бу тартиблар ишлаб чиқариш муҳитида оптимал пресслаш ва пишириш режимларини тўғри танлашда хизмат қилади.

2. Хизмат муддатини ошириш мақсадида кукун металлургияси услугида қаттиқ қотишмали 23 - сонли кириш қутиси ролиги тайёрланди. Олинган натижалар иқтисодий самарадорликнинг ошишига хизмат қилади.

3. Кукун металлургияси усулида тайёрланган Mo-TiC-Ni-W-Fe системали янги таркибли қотишмадан 25 – сонли кириш қутиси ролиги ва шакл берувчи асбобларни тайёрлаш усули ишлаб чиқилди. Бу қаттиқ қотишмали ролик ва шакл берувчи асбоблар технологик ва эксплуатацион характеристикаларни яхшилашга хизмат қилади.

4. Қийин эрийдиган металлларнинг кукунларидан кукун металлургияси усулида Mo-TiC-Ni-W-Fe системали янги таркибли қотишма олинди. Бу қотишманинг қаттиқлик ва мустаҳкамлик кўрсаткичлари аналогларига нисбатан 1,2-1,3 марта устунлиги қўйилган техник вазифага эришилганлигидан далолат беради.

5. Тадқиқотларнинг амалда қўлланилиши «Ўзметкомбинат» АЖ маълумотларига кўра 40,3 млн. сўмни ташкил қилди («Ўзметкомбинат» АЖ 28 апрел 2017 йилдаги 01-1/606-сон маълумотномаси).

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК DSc.27.06.2017.FM/T.03.04 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ И
НАЦИОНАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ УЗБЕКИСТАНА**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

РАСУЛОВ АЛИШЕР ХАКИМОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА
ТВЕРДОСПЛАВНОГО РОЛИКА ВВОДНОЙ КОРОБКИ КЛЕТИ
МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**

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

**автореферат доктора философии (PhD)
по техническим наукам**

Ташкент - 2017

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2017.1.PhD/T70

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице (www.tdtu.uz) и Информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный консультант:

Нурмуродов Салохиддин Дусмуродович
доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты:

Абдуллаев Фатхулла Сагдуллаевич
доктор технических наук, профессор

Джумабаев Алижон Бакишевич
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

«Навоийский государственный горный институт»

Защита диссертации состоится «___» «_____» 2017 года в ___ часов на заседании научного совета DSc.27.06.2017.FM/T.03.04 при Ташкентском государственном техническом университете и Национальном университете Узбекистана по адресу: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел/факс (99871) 227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz.

С диссертацией (PhD) можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (регистрационный номер 23). Адрес: (100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел. (99871) 246-46-00).

Автореферат диссертации разослан «___» «_____» 2017 года
(реестр протокола рассылки № ___ от «___» «_____» 2017 года).

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

Н.Д. Тураходжаев
Ученый секретарь научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

Р.М. Михридинов
/Председатель научного семинара
при научном совете по
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (Аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире в сфере промышленности повышается потребность в получении и использовании твердосплавных инструментов со специальными механическими, технологическими и физическими свойствами из порошков тугоплавких металлов. В сфере получения бездефектных твердосплавных материалов на основе нанопорошков на нанотехнологию ежегодно расходуется 9-10 миллиардов долларов США, в том числе в США 4-5 миллиардов долларов США, в Японии 2-3 миллиардов долларов США, а в других странах составляет приблизительно 2 миллиарда долларов США. В решение комплекса проблем по повышению надежности и долговечности инструментов, улучшения качества изделий важным остается задача изготовления твердосплавных деталей на основе новых перспективных материалов.

С момента обретения республикой независимости в нашей стране налажено производства порошков тугоплавких металлов и твердых сплавов из местного сырья, и особое внимание уделяется локализацию производства твердосплавных деталей и изделия конкурентоспособных на мировом рынке. В этом отношении в сфере улучшения качества продукции для изготовления твердосплавных деталей и по оптимизации режимов термической обработки достигнуты значительные результаты, в том числе появилось возможность получения порошков тугоплавких металлов, разработаны твердые сплавы с нужными свойствами, снижены себестоимость продукции получаемые методом порошковой металлургии. Наряду с ними появилось необходимость усовершенствование энергосберегающих технологий обеспечивающих конкурентоспособность металлургических комбинатов. В стратегии действий развития Республики Узбекистан отдельно отмечена задача «... повышение конкурентоспособности национальной экономики, ... сокращение энергоемкости и ресурсоемкости экономики, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий». Для выполнения этой задачи важным является повышения качества и конкурентоспособность продукции с применением энергосберегающих технологий на основе усовершенствование процессов производства твердосплавных деталей и изделий является одним из важных вопросов.

В мире большое внимание уделяется усовершенствованию процессов производства твердосплавных деталей и изделия получаемых методом порошковой металлургии. В том числе, основным факторами развитие данной сферы является оптимизация состава и совершенствование технологии существующих твердых сплавов; разработка новых режимов термической обработки деталей, полученных методом порошковой металлургии.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных постановлением Президента Республики Узбекистан ПП № 4947 от 7 февраля 2017 года «Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017 - 2021 годах», ПП № 1590 от 29 июля 2011 года «О мерах по дальнейшему углублению локализации производства готовой продукции, комплектующих изделий и материалов на основе промышленной кооперации на 2011-2013 годы» и ПП № 2573 от 10 августа 2016 года «О создании Научно-производственного объединения по производству редких металлов и твердых сплавов» а также другими нормативно-правовых документах, принятых в данной сферы.

Соответствие исследования приоритетным направлениям 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. В научных работах зарубежных учёных X. Shreter, R. Kiffer, T. Shtraux, P. Rautal, Dj. Norton и других проводились исследования по созданию твердосплавных инструментов. Научные исследования, направленные на получение твердосплавных инструментов из новых сплавов на основе высокодисперсных порошков тугоплавких металлов с специальными технологическими, химическими и физическими свойствами является весьма актуальной задачей. В этом направлении научно-исследовательские работы осуществляются в ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе в институте металлургии и машиностроения имени Байкова А.А.(Россия), в Институте химии Уральского отделения Российской Академии Наук (Россия), в Японском институте металлургии, Университете Нагоя (Япония), в Американском университете науки и технологий (США), в Английском Университете технологий (Англия), в Белорусском Национальном техническом университете (Белоруссия), в Институте проблем материаловедения имени Францевича И.Н. (Украина), в Ташкентском государственном техническом университете (Узбекистан).

В результате исследований, проведенных в мире по получению твердосплавных инструментов из новых сплавов на основе высокодисперсных порошков тугоплавких металлов с специальными технологическими, химическими и физическими свойствами, соответствующими современным требованиям, получен ряд научных результатов, в том числе: разработаны технологии получения наноструктуры различных тугоплавких металлов (Институт металлургии и материаловедения, Россия), предложены безвольфрамовые твердые сплавы с никель-молибденовой связкой и многокомпонентной основой карбидов титана, ванадия, вольфрама, ниобия в различных сочетаниях (Грузинский политехнический институт, Грузия), разработана технология получения

разных тугоплавких металлов и соединений с получением наноструктур твердых сплавов (Институт теплофизики Российской Академии Наук, Россия), разработан новый состав твердосплавных конструкционных материалов (Ташкентский государственный технический университет, Узбекистан).

Узбекские ученые Каламазов Р.У., Чекуров В.В. и другие проводили научно-исследовательские работы по созданию твердосплавных конструкционных материалов. Однако многие детальные исследования по внедрению твердосплавных роликов с оптимальным сочетанием прочности и пластичности на основе порошков тугоплавких металлов не проводились. В настоящее время получение твердых сплавов на основе порошковой металлургии является актуальным и имеет научно-практическое значение.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного или научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских инновационных и хоздоговорных работ Ташкентского государственного технического университета по темам: ИОТ-2015-7-8 «Внедрение технологии производства инструментов из молибдено-титанового сплава, работающих в экстремальных условиях» (2015–2016 гг.) и №14/13 «Разработка технологии производства и изготовление экспериментальной партии роликов привалковой арматуры из сплава молибден-карбид титана для стана -300 СПЦ–2» (2013-2015 гг.).

Целью исследования является разработка технологии производства твердосплавного ролика с использованием порошков тугоплавких металлов.

Задачи исследования:

изучить сегодняшнее состояние существующих технологий, проанализировать состав твердых сплавов и усовершенствовать технологии;

с целью увеличения срока службы, разработать твердосплавный ролик вводной коробки методом порошковой металлургии;

разработать твердосплавный формообразующий инструмент с оптимальным сочетанием прочности и пластичности;

разработать спеченный сплав нового состава системы Mo-TiC-Ni-W-Fe, изготовленного методом порошковой металлургии;

разработать усовершенствованную технологию изготовления твердосплавного ролика вводной коробки с использованием порошков тугоплавких металлов и изготовить из них новые изделия;

производить изделия с оптимальным сочетанием прочности и пластичности из нового спеченного сплава системы Mo-TiC-Ni-W-Fe методом порошковой металлургии.

Объектом исследования являются ролики прокатного стана, сплав нового состава системы Mo-TiC-Ni-W-Fe, изготовленный методом порошковой металлургии.

Предметом исследования является технология изготовления

твердосплавного ролика вводной коробки методом порошковой металлургии.

Методы исследования. В диссертационной работе для изучения структуры твердосплавных роликов применены способы анализа металлографии, рентгеноструктуры, способы измерения макро - и микротвердости образцов, режимы термической обработки и способы испытания натуральных готовых изделий.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

разработана усовершенствованная технология изготовления твердосплавного ролика вводной коробки обеспечивающий её прочность, методом порошковой металлургии;

разработана технология получения матрицы на основе твердого сплава обеспечивающий оптимальное сочетание прочности и пластичности;

разработан оптимальный молибденовый состав 60%TiC, 20%Ni, 4%W, 4%Fe сплава системы Mo-TiC-Ni-W-Fe, обеспечивающий повышение прочности и пластичности роликов;

разработан состав сплава Mo-TiC, 42%TiC, 12%Ni, 4%W, 4%Fe, Mo-39,0% обеспечивающий повышение износостойкости роликов.

Практические результаты исследования заключается в следующем:

разработаны режимы спекание и прессование твердосплавных инструментов из нового спеченного сплава системы Mo-TiC-Ni-W-Fe методом порошковой металлургии;

разработаны рекомендации по усовершенствованию технологий спекание и прессование твердых сплавов;

разработана усовершенствованная технология изготовления твердосплавного ролика вводной коробки методом порошковой металлургии.

Достоверность результатов исследования поясняется соответствием статистики опытно-экспериментальных материалов, полученных опытных результатов результатам других опытов. Данные исследования обосновываются полным взаимодействием результатов металлографических и рентгеноструктурных анализов, термической обработки, результатов испытаний на износостойкость. Результаты полученного опыта сравнены с имеющимися данными опыта и внедрены в производство с реальным фактическим экономическим эффектом.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования подтверждается оптимизацией механических свойств твердосплавных деталей изготовленной методом порошковой металлургии.

Практическая значимость служить для повышение прочности и срока службы твердосплавных деталей, изготовленных на основе разработанной технологии.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных результатов по разработке технологии изготовления твердосплавного ролика вводной коробки методом порошковой металлургии:

получен патент («Плазмохимический реактор», №IAP04732 (2013 г.)) Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан на разработанную усовершенствованную конструкцию плазмохимического реактора для получения тугоплавких дисперсных материалов. В итоге усовершенствованная конструкция плазмохимического реактора позволила получить ультродисперсные порошки тугоплавких металлов;

с целью увеличения срока службы твердосплавные ролики, изготовленные методом порошковой металлургии, были внедрены в производство прокатного стана-300 СПЦ-2 АО «Узметкомбинат» (справка от 28 апреля 2017 года АО «Узметкомбинат» №01-1/606). Результаты научных исследований дали возможность увеличить показатели по плотности, твердости и прочности на изгиб в 1,2-1,3 раза.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены на 7 научно-практических конференциях, в том числе, на 2 международных и 5 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме исследований опубликованы 12 научных трудов: 6 научных статей, в том числе 4 в республиканских и 2 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, получен 1 патент и опубликовано 1 монография.

Структура и объем диссертации. Содержание диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении приведены актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, а также представлен объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики Узбекистан. Изложены научная новизна и практические результаты исследования, обосновывается достоверность полученных результатов, раскрываются теоретическая и практическая значимость полученных результатов. Приведен список внедрений в практику результатов проведенных исследований, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Состояние проблемы и выбор направления исследований**» проанализировано современное состояние основ создания твердосплавных инструментов с оптимальным сочетанием прочности и пластичности и разработка технологии производства твердосплавного ролика вводной коробки клетки методом порошковой металлургии. Отмечено, что изучением указанной выше проблемы занимались многие авторы. Начало XXI века отмечено развитием технологии

тугоплавких высокодисперсных материалов. Подобные технологии уже используются во всех развитых странах мира в наиболее значимых областях человеческой деятельности (промышленности, обороне, радиоэлектронике, энергетике, транспорте, биотехнологии, медицине и т.д.). Анализ литературных источников показал, что в настоящее время с использованием плазмохимического метода представлена принципиальная возможность получения высокодисперсных порошков большинства тугоплавких металлов.

Результаты исследований, проводимых во многих странах, свидетельствуют о реальной возможности применения высокодисперсных порошков тугоплавких металлов для изготовления твердосплавных инструментов, инструментальных и других материалов с повышенными эксплуатационными характеристиками. Однако более детальные исследования по внедрению и моделированию состава твердых сплавов для улучшения механических свойств показали, что твердосплавные инструменты с использованием высокодисперсных порошков тугоплавких металлов, в частности композитов, ещё недостаточно изучены. Таким образом, сформулированы цель и задачи настоящей диссертационной работы.

Во второй главе диссертации **«Разработка методики и объекта исследования»** приведены объекты исследования. Объектом исследования являются ролики вводной коробки клетки № 23 и №25 стана - 300 СПЦ-2 на АО «Узметкомбинат», новый спеченный молибденовый сплав системы Mo-TiC-Ni-W-Fe, изготовленный методом порошковой металлургии. Установлен наиболее оптимизированный химический состав спеченного молибденового сплава системы Mo-TiC-Ni-W-Fe (табл.2.1).

Таблица 2.1

Химический состав спеченного молибденового сплава системы Mo-TiC-Ni-W-Fe

Содержание, % масс.				
TiC	Fe	Ni	W	Mo
60–62	3,5–4,0	20–22	3,5–4,0	остальное

Физико-механические характеристики композиции: плотность, твердость и прочность на изгиб определяли по методикам, установленным Госстандартом для твердых спеченных сплавов: плотность ρ , г/см³ – гидростатическим взвешиванием; твердость – на приборе Виккерса; прочность на изгиб $\sigma_{из}$ – на изгибной машине УММ – 5.

Учитывая характеристики композиции, выбрали стандартные образцы размерами 6х6х39 мм (после спекания 5х5х34 мм).

Сравнительный анализ стойкости роликов валковой арматуры стана 300 СПЦ-2, изготовленных из различных материалов приведен в табл.2.2.

В результате исследований установлено, что спеченный молибденовый сплав системы Mo-TiC-Ni-W-Fe обладает следующими физико-механическими свойствами:

коэффициент линейного расширения, град⁻¹ – $6,0 \times 10^{-6}$;

плотность, г/см³ – 7,5 – 8,0;

твердость, HRC – 83 – 84;

прочность, МПа – 1150.

Таблица 2.2

**Сравнительный анализ стойкости роликов валковой арматуры стана 300
СПЦ-2, изготовленных из различных материалов**

№ п\п	Наименование изделия	Диаметр, мм	Форма ролика	Материал	Ресурс работы/ количество проката, т	Время проведения испытаний, годы
1	Ролик 23 клетки	80	ромб	Сталь 65Г	320	2008
2	- // -	80	овал	Сталь 20ХН	230	2010
3	- // -	80	овал	Тв. спл. (нап. СПЦ-2)	3250	2009
4	- // -	80	ромб	Тв. спл. (нап. СПЦ-2)	3790	2009
5	- // -	80	овал	Чугун	500	2010
6	- // -	80	овал	ВК 6	24000	2011
7	- // -	80	ромб	Сталь 65Г	200	2008
8	- // -	80	ромб	Тв. спл. (нап. СПЦ-2)	3950	2009
9	- // -	80	овал	Тв. спл. (нап. СПЦ-2)	4800	2009
10	- // -	80	овал	Тв. спл. (нап. СПЦ-2)	6270	2014
11	- // -	80	ромб	Сталь 65Г	150	2008
12	- // -	80	ромб	Тв. спл. (нап. СПЦ-2)	1030	2009
13	- // -	80	овал	Тв. спл. (нап. СПЦ-2)	1300	2009
14	- // -	65	овал	ВК15 сборный	20000	2012
15	Ролик 25 клетки	65	овал	Сталь ШХ15	180	2016
16	- // -	65	овал	сплав системы Mo-TiC-Ni-W-Fe	8277, испытания продолжаются	2016

Одним из важных факторов оценки свойств спеченного молибденового сплава является его обрабатываемость для получения окончательных размеров изделий.

На основании проведенных исследований установлены следующие параметры чистовых шлифовальных операций, рекомендуемых для нового

спеченного молибденового сплава в условиях СП «SPZ-BEARINGS», где выполнялись обработка, шлифовка и сборка роликов.

1 – ступень: а) характеристики шлифовального круга 63C16PCM16K;

б) режим шлифования: $v=25$ м/мин; $t=0,03$ мм/дв.ход.

2 – ступень: а) характеристики алмазного круга АСР 125/100 Б2 100%;

б) режимы выглаживания: $v=20$ м/мин; $t=0,0015$ мм/дв.ход.

Завод СП «SPZ-BEARINGS» специализирован по производству подшипников и оснащен необходимым оборудованием и станочным парком. На заводе имеется ОТК, специализированная сертифицированная лаборатория для испытания производимой продукции.

В третьей главе «Технология изготовления инструментов с использованием порошков молибдена» приведены технологии изготовления формообразующих инструментов с использованием высокодисперсных порошков молибдена и нового состава спеченного порошкового молибденового сплава системы Mo-TiC-Ni-W-Fe.

В процессе получения порошков вольфрама в новом реакторе в осадительной камере под реактором практически не обнаружено порошка, это свидетельствует о том, что поступивший оксид вольфрама оказался восстановленным полностью и порошки вольфрама полностью попали на фильтры.

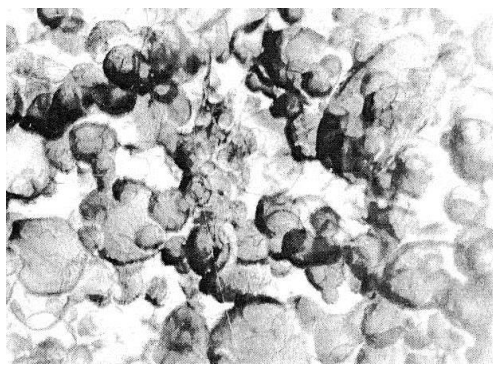
Рассмотрена зависимость технологических характеристик порошков молибдена от природы сырья (Бишкек, Скопино, Степногорск, АО «АГМК») и типа печей восстановления (ОКБ-111А; СТН-1,6; СКБ-5062). Показано, что при восстановлении оксидов в печи ОКБ-111А образуется большее количество конгломератов, что, объясняется меньшим удельным расходом водорода.

В ходе восстановления триоксида молибдена изменяется структура и дисперсность реагирующих твердых компонентов, которые происходят путём образования и роста зародышей новой фазы на границе раздела оксидов и газообразного реагента. Варьированием условий проведения процесса, таких как температура, состав газовой фазы, концентрация и параметры термообработки компонентов твердой фазы, можно достичь заданную степень диспергирования оксидов и обеспечить получение порошков молибдена с требуемыми размерами частиц.

Установлено, что в зависимости от расхода оксидов можно получать порошки молибдена среднего размера 20-30 нм. Однако, необходимо отметить, что если не предпринимать специальных предохранительных мер, то нанопорошки под действием различного рода сил (электрических, дисперсионных, магнитных и др.) могут образовывать конгломераты, прочность которых в некоторых случаях настолько возрастает, что разделить на исходные частицы даже с использованием современных диспергаторов практически невозможно. Присутствие в порошке конгломератов приводит к образованию структурной неоднородности в спрессованном и спечённом материале.



**Рис.3.1. Микроструктура промпродукта
ППМ-1х300**



**Рис.3.2. Электронно-микроскопическая
картина нанопорошков Мо x 100000**

На рис.3.2 представлена электронно-микроскопическая картина нанопорошка молибдена, сферическая форма элементов которого косвенно свидетельствует о преобладающем вкладе коалесценции в механизм их формирования.

Для промышленного использования порошков Мо содержание кислорода в них не должно превышать 0,2% масс. Поэтому представляет практический интерес исследование процесса отжига порошков в водороде («довосстановление»). Анализ полученных результатов показывает, что при повышенной температуре наблюдается некоторое уменьшение удельной поверхности порошка, хотя конечное его значение более чем на порядок выше, чем у стандартных порошков.

Развитие и совершенствование технологических процессов неразрывно связаны с применением твердых сплавов, что способствует существенному повышению эксплуатационных характеристик инструмента и производительности труда. Одним из перспективных направлений совершенствования твердых сплавов является разработка технологии, обеспечивающей одновременное улучшение таких свойств, как вязкость и износостойкость, прочность и пластичность, в сравнении с традиционными. Именно сочетание этих свойств приводит к долговечности инструмента.

Требуемым сочетанием свойств будет обладать сплав с повышенной составляющей полидисперсности. Предполагается, что крупные зерна фазы обеспечат пластичность, а мелкие зерна – повышенную износостойкость сплава. Твердость, пределы текучести и прочности при сжатии с увеличением доли мелких зерен в структуре сплава возрастают. Предел прочности при изгибе практически не зависит от изменения соотношения крупных и мелких зерен в смеси и сплаве и лишь немного снижается при наибольшем содержании мелких зерен. Предельная пластическая деформация с увеличением доли мелкой фракции зерен карбида титана в смеси до 40 % практически не меняется, а с увеличением до 60 % снижается незначительно (10%). Анализ полученных данных показывает, что наиболее выгодным сочетанием пластичности и износостойкости обладают сплавы с соотношением крупной и мелкой фракций 60:40.

Выполнена разработка состава спеченного порошкового молибденового сплава системы Mo-TiC-Ni-W-Fe для производства ролика вводной коробки клетки №25. Одной из основных задач данной работы являлась разработка состава и технологии получения новой спеченной порошковой молибденовой композиции. Кроме основных компонентов Mo и TiC, в состав композиции вводились с целью улучшения технологических и эксплуатационных характеристик Ni, Fe, и W:

молибден (Mo) – обеспечивает эластичность, жаростойкость, устойчивость против коррозии;

титан (Ti) - повышает жаростойкость, механическую прочность при высоких температурах, устойчивость против коррозии и позволяет обеспечивать оптимальное соотношение характеристик прочности и пластичности;

никель (Ni) – вводился в композицию для достижения необходимой технологичности и пластичности порошковой смеси. Введение никеля в сплав обеспечивает хорошую прессуемость, а при спекании – необходимую плотность заготовки, что положительно сказывается на эксплуатационных свойствах. Также Ni - обеспечивает вязкость, механическую прочность и устойчивость против коррозии (детали, используемые при высоких температурах);

железо (Fe) – вводится в композицию с целью повышения технологичности за счет восстановления окислов на поверхности частиц карбида титана и твердорастворного диффузионного упрочнения инструмента за счет усвоения титана молибденом;

вольфрам (W) – обеспечивает твердость и жаропрочность, износоустойчивость, а также вольфрам добавляется в композицию для твердорастворного упрочнения молибденовой основы и для повышения твердости сплава.

Предварительные эксперименты показали, что создать эвтектические сплавы путем спекания порошковой композиции того же состава не удастся, так как спеченный сплав не отвечал требованиям ни по одному параметру. Поэтому разработка сплава - заменителя велась, с одной стороны, в направлении увеличения содержания TiC, а с другой стороны, в направлении введения дополнительных присадок тугоплавких металлов, улучшающих технологические и эксплуатационные характеристики сплава. Сравнительная оценка сплава проводилась по двум характеристикам: прочности на изгиб ($\sigma_{из}$) и твердости по Роквеллу (HRC). Как известно, эти характеристики, хорошо коррелируют с такими характеристиками, как горячая твердость и жаропрочность, определяющими работоспособность и долговечность инструмента при проведении горячей обработки давлением. Поэтому при разработке сплава за критерий оценки при определении оптимального состава брались $\sigma_{из}$ и HRC. Оптимизация состава проводилась с применением метода математического планирования эксперимента. Исходной отправной точкой при разработке был выбран сплав с

содержанием 60 -65% TiC, 3-4 % Fe, 20-22 % Ni, 3-4 % W и остальное молибден Мо, который имел вполне приемлемый уровень значений контролируемых характеристик ($\sigma_{из}$ =900 МПа, HRC=80).

Используя метод крутого восхождения при оптимизации состава композиции, был определен состав порошковой композиции, принятый за основу при проведении дальнейших исследований и обеспечивал уровень прочности $\sigma_{из}$ =1150МПа и HRC=84 (табл. 4.2). Оптимальный состав порошковой композиции включает: 62 % TiC, 22% Ni, 3,5 % W, 3,5 % Fe, и остальное молибден Мо.

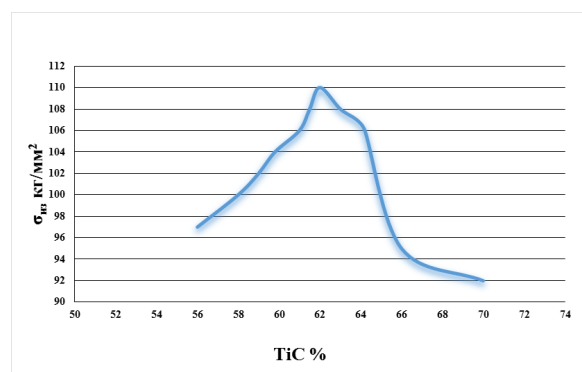


Рис.3.3. Зависимость экспериментальных значений прочности на изгиб ($\sigma_{из}$) от содержания TiC

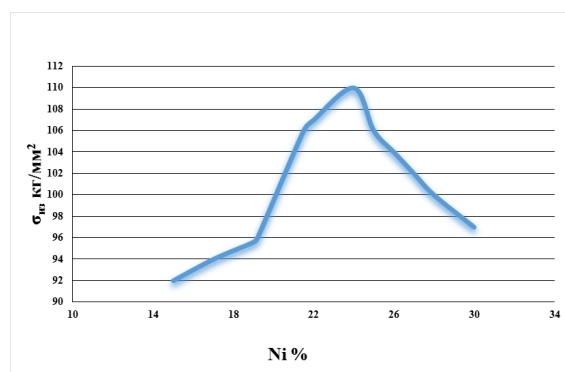


Рис.3.4. Зависимость экспериментальных значений прочности на изгиб ($\sigma_{из}$) от содержания Ni

Технология получения спеченного молибденового сплава системы Mo-TiC-Ni-W-Fe. Немаловажную роль для достижения высокого уровня свойств играет усовершенствованная технология подготовки композиции и режимы её спекания. Подготовка порошковой смеси велась в производственных условиях металлургического цеха №3 при АО «АГМК» в малогабаритных шаровых мельницах при соотношении объемов смеси к объему шаров диаметром 20–40 мм из твердого сплава ВК6 1:4. Входящие в состав композиции компоненты делились на две группы: в первую входили Ni, W и Мо, во вторую TiC. Обе группы компонентов загружались в разные мельницы и проходили предварительное смешивание в среде этилового спирта в течение 10–12 часов. Далее составы соединялись, и окончательное смешивание продолжалось ещё 6–8 часов. Затем смесь помещалась в дистиллятор и выдерживалась при температуре 100–120 °С в течение 8–12 часов. Высушенная смесь замешивалась на пластификаторе 8% раствора каучука в бензине, затем выдерживалась в сушилке при температуре 100–120 °С в течение 20–30 минут. Готовая смесь прессовалась в формах под давлением 100 кгс/мм² на пресс - агрегате П4626. После прессования изделия сушились в паровом шкафу при температуре 100–120 °С в течение 18–24 часов, затем подвергались предварительному спеканию в атмосфере водорода при температуре 1000–1100 °С с выдержкой 1 час. Режим окончательного спекания выбирался в зависимости от назначения изделия.

Так, для формообразующего инструмента, работающего при высоких температурах и давлениях, спекание проводится по режиму: среда – вакуум не ниже 10^{-3} мм. рт. ст; температура спекания 1450–1500⁰С с выдержкой 1-0,5 ч; время спекания 2–3 часа.

В четвертой главе диссертации **«Применение результатов исследования технологических процессов производства твердосплавного инструмента и оценка их технико-экономических показателей»** отражены прикладные аспекты применения результатов исследования и дана оценка их технико-экономических показателей.

Первоочередной задачей после завершения первого этапа исследований было проведение оценки состава, уровня физико-механических и технологических характеристик полученного сплава. Сравнение состава материала ролика вводной коробки клетки №25 из сплавов ВК6, Мо-TiC и нового сплава системы Мо-TiC-Ni-W-Fe приведено в табл.4.1.

Таблица 4.1

Сравнение свойств ролика вводной коробки клетки №25 из сплавов ВК6, Мо-TiC и сплава системы Мо-TiC-Ni-W-Fe

№ п/п	Сплав	Коэффициент линейного расширения k, град ⁻¹	Плотность ρ , г/см ³	Твердость, HRC	Прочность $\sigma_{из}$, МПа
1	ВК 6	$5,5 \times 10^{-6}$	14,8 – 15,0	88 – 89	1550
2	Мо-TiC	$6,61 \times 10^{-6}$	6,4 – 6,6	85 – 86	800
3	Предлагаемый сплав: Мо-TiC-Ni-W-Fe	$6,0 \times 10^{-6}$	7,5 – 8,0	83 – 84	1150

В результате проведенных предварительных испытаний на образцах из нового спеченного порошкового сплава системы Мо-TiC-Ni-W-Fe стойкость инструментов оказалась больше по сравнению со стандартными (со стальными роликами в 8–10 раз, с графитовыми роликами в 6 – 8 раз), и почти соответствовали дорогостоящим твердым сплавам ВК6 и ВК15.

Также были испытаны пресс-формы для прессования порошков - формообразующие инструменты, матрица и фильеры. Предложены новый способ и режимы спекания твердосплавных инструментов, значительно повышающие ресурс работы и эксплуатационную надежность изделий. Разработана технология производства формообразующих и других инструментов различного назначения с применением порошков молибдена. В табл. 4.2 приведены потребность стана - 300 СПЦ-2 на АО «Узметкомбинат» в роликах с учетом запасов.

Таблица 4.2

Потребность стана - 300 СПЦ-2 в роликах с учетом запасов

№ п/п	Вид прокатываемой продукции	Производство за 2015 год, т	Потребность в чугуновых роликах с ресурсом одной пары роликов 700 т		Потребность в твердосплавных роликах с ресурсом одной пары роликов 20 000 т	
			Основная (шт)	Запас (шт)	Основная (шт)	Запас (шт)
1.	Арматура №8	3 500	12	12	12	12
2	Арматура №10	71 000	202	15	15	15
3.	Арматура №12	130 000	372	8	14	8
4.	Арматура №14	75 500	218	15	15	15
5.	Арматуры №15 и №18	123 000	352	8	12	8
Итого:		404 000	1156	50	70	50

Опытные промышленные партии роликов и формообразующих инструментов с использованием порошков тугоплавких металлов прошли испытания в производственных условиях НПО по производству редких металлов и твердых сплавов (АО «АГМК»), АО «Узметкомбинат». Экспериментальные ролики привалковой арматуры клетки №23 и №25 прошли испытания в производственных условиях СПЦ-2 АО «Узметкомбинат» и произведено свыше 10 000 тонн проката без дефектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по диссертации доктора философии (PhD) на тему «Разработка технологии производства твердосплавного ролика вводной коробки методом порошковой металлургии» представлены следующие выводы:

1. Разработаны режимы прессования (115 кгс/мм²) и спекания (по режиму: среда–вакуум не ниже 10⁻³ мм. рт. ст; температура спекания при 1450–1500⁰С с выдержкой 0,5 -1ч; время спекания 2–3 часа) твердосплавных инструментов из нового спеченного сплава системы Mo-TiC-Ni-W-Fe, изготовленного методом порошковой металлургии. Эти режимы служат для правильного выбора оптимальных режимов при прессовании и спекании в сфере производства.

2. С целью увеличения срока службы разработан твердосплавный ролик вводной коробки клетки №23 методом порошковой металлургии. Полученные результаты обеспечивают повышение экономической эффективности.

3. Разработана технология изготовления ролика вводной коробки клетки №25 и формообразующих инструментов с использованием нового спеченного сплава системы Mo-TiC-Ni-W-Fe, изготовленного методом порошковой металлургии. Это обеспечивает улучшение технологических и эксплуатационных характеристик роликов и формообразующих инструментов.

4. Получен новый спеченный сплав системы Mo-TiC-Ni-W-Fe, изготовленный методом порошковой металлургии из порошков тугоплавких металлов. Эти показатели по плотности, твердости и прочности на изгиб превосходят показатели аналогов в 1,2-1,3 раза, что подтверждает достижение поставленной технической задачи.

5. Экономический эффект от практического применения результатов исследования по данным АО «Узметкомбинат» составил 40,3 млн. сум (Справка АО «Узметкомбинат» №01-1/606 от 28 апреля 2017 года).

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES SCIENCES
DSc.27.06.2017.FM/T.03.04 UNDER TASHKENT STATE TECHNICAL
UNIVERSITY AND THE NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN**

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

RASULOV ALISHER KHAKIMOVICH

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF
HARD-ALLOY ROLLER INLET BOX STAND BY POWDER
METALLURGY**

**05.02.01 – Materials science in mechanical engineering. Foundry. Heat treatment and
processing of metals under pressure. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals**

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

Tashkent - 2017

The theme of doctoral dissertation (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2017.1PhD/T70

The doctoral dissertation is made in the Tashkent state Technical University.

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

Scientific adviser:

Nurmuradov Saloxiddin Dusmuradovich
doctor of technical sciences, docent

Official opponents:

Abdullaev Fatxulla Sagdullaevich
doctor of technical sciences, professor

Djumabaev Alijon Bakishevich
doctor of technical sciences, professor

Leading organization:

«Navoi State Mining Institute »

The defense will take place «___» «_____» 2017 at ___ at the meeting of scientific council DSc.27.06.2017.FM/T.03.04 at Tashkent State Technical University and National University of Uzbekistan located at 2, University street, Tashkent, 100095. 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 University (registration number 23). (Address: 100095, Tashkent, st. University, 2. Tel/Fax: (99871) 246-46-00).

Abstract of dissertation sent out on «___ » «_____» 2017 y.
(mailing report № __ on «___ » «_____» 2017 y).

K.A.Karimov

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

N.D.Turakhodjaev

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

R.M.Mixridinov

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

DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) DISSERTATION ABSTRACT ON TECHNICAL SCIENCES

Contents of the DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) Dissertation Abstract

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is development of technology for the production of carbide roll with the use of refractory metal powders.

The tasks of research:

- to study the current state of research of existing technologies, to analyze the composition of hard alloys and to improve technology;

- with a view to increasing the service life, to develop a carbide-tipped roller of the opening box by the powder metallurgy method;

- to develop a hard-alloy matrix with an optimal combination of strength and plasticity;

- to develop a sintered alloy of a new composition of the Mo-TiC-Ni-W-Fe system fabricated by the powder metallurgy method;

- to develop the advanced technology of manufacturing of a carbide roll of an opening box of a stand with the use of powders of refractory metals and to make from them new products;

- to obtain products with the optimum combination of strength and plasticity from the new sintered alloy of the Mo-TiC-Ni-W-Fe system by the powder metallurgy method.

The object of the research work is rollers of a rolling mill, an alloy of a new composition of the Mo-TiC-Ni-W-Fe system made by the powder metallurgy method.

Scientific novelty of the research work. The scientific novelty of the research is as follows:

- the advanced technology of manufacturing of a hard-alloy roller of an input box of a stand is developed by a method of powder metallurgy;

- the technology of obtaining a hard-alloy forming tool with an optimal combination of strength and plasticity has been developed;

- the optimum composition of 60% TiC, 20% Ni, 4% W, 4% Fe molybdenum new alloy of the Mo-TiC-Ni-W-Fe system was developed to impart strength and ductility to the rollers;

- the composition of 39% Mo, 42% TiC, 12% Ni, 4% W, 4% Fe of the Mo-TiC alloy was developed to provide the wear resistance of the rollers.

The practical results of the study are as follows:

- the optimal pressing regimes and sintering of carbide tools from the new sintered alloy of the Mo-TiC-Ni-W-Fe system made by the powder metallurgy method;

- developed recommendations for improving the technology of pressing and sintering hard alloys;

- the advanced technology of manufacturing of a hard-alloy roller of an input box of a stand is developed by a method of powder metallurgy.

The outline of the thesis. The content of the thesis consists of an introduction, four chapters, conclusion, a list of literature. The volume of the thesis is 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

Монографии и статьи, опубликованные в научных журналах
Monographs and articles published in scientific journals

1. Нурмуродов С.Д., Расулов А.Х. //Создание конструкционных материалов с использованием ультрадисперсных порошков вольфрама: Монография - Ташкент, ТашГТУ, 2015. -168 с.
2. Alisher K. Rasulov, Salokhiddin D. Nurmurodov, Nodir D. Turahadjaev, Kudratkhon G. Bakhadirov. Development of New Structural Materials with Improved Mechanical Properties and High Quality of Structures through New Methods Using New Type of Plasma Chemical Reactor. American Journal of Materials Engineering and Technology Vol. 3, No. 3, 2015, pp 58 -62.
3. Alisher K. Rasulov, Kudratkhon G. Bakhadirov, Umarov Erkin Adilovich. Implementation of technology production of composite tools of super-hard materials. European Sciences review. Vol. № 5-6. 2016. Pp 25-27. Vienna (Австрия).
4. Kudratkhon G. Bakhadirov, Alisher K. Rasulov, Umarov Erkin Adilovich. Features of sheet metals” symmetrik and asymmetric rolling. European Sciences review. Vol. № 7-8. 2016. Pp 24-25. Vienna (Австрия).
5. Нурмуродов С.Д., Расулов А.Х., Эшматов Х.Н. Вольфрамнинг ультрадисперс кукунларидан каттиқ қотишмали буюмлар ишлаб чиқариш технологияси. “Композицион материаллар” журнали, 2015 йил –№ 3 сони 56 – 57 бетлар. (05.00.00. №13).
6. Расулов А.Х. Технологии производства литых биметаллических композиций и увеличение их долговечности путём выбора оптимальных режимов термической обработки. //Композиционные материалы. – Ташкент, 2014. – №3. – С. 30 – 32. (05.00.00. №13).
7. Расулов А.Х. Экстремал шароитда ишлайдиган Мо-Tiс-Ni-W-Fe системали қотишмалардан асбоблар ишлаб чиқариш технологиясини тадбиқ қилиш. // Вестник ТашГТУ. –Ташкент, 2015. –№2. –С. 160 – 164. (05.00.00. №16).
8. Расулов А.Х., Нурмуродов С.Д. Технология изготовления спирального сверла с каналами подвода смазочно-охлаждающей жидкости. //Вестник ТашГТУ. –Ташкент, 2014. –№ 3. – С. 103-107. (05.00.00. №16).
9. Патент №IAP 04732. Расулов А.Х. и др. Плазмохимический реактор. //Республика Узбекистан, Агентство по интеллектуальной собственности 26.06.2013.
10. Расулов А.Х., Нурмуродов С.Д. Усовершенствование технологии производства матриц для синтеза искусственных технических алмазов.

//Узбекский химический журнал. – Ташкент, 2012. – №4. – С.51 – 54. (05.00.00. №).

11. Расулов А.Х., Нурмуродов С.Д. Исследование механических свойств биметаллических матриц для синтеза технических алмазов. //Химия и химическая технология. – Ташкент, 2012. – №4. – С.62 – 64. (05.00.00. №).

12. Расулов А.Х., Нурмуродов С.Д. Исследование мелкодисперсных порошков тугоплавких металлов. //Химия и химическая технология. – Ташкент, 2012. – №3. – С.55–58. (05.00.00. №).

13. Расулов А.Х., Нурмуродов С.Д. Сунъий техник олмос олишда ишлатиладиган матрицалар учун Мо-TiC-сталь 40XНМФЛ композицияси бирикиш қисми параметрларини оптималлаш. Ҳалқаро илмий анжуман илмий мақолалар тўплам. "Инновация–2012". – Ташкент, 2012. Б. 35–40.

14. Расулов А.Х. Технология производства ролика вводной каробки клетки. Материалы научно-практической конференции. Композиционные материалы. Ташкент, 26-27 сентября 2012. С.117-118.

15. Расулов А.Х., Нурмуродов С.Д. Внедрение технологии производства породоразрушающих инструментов из порошков карбидов и нитридов тугоплавких металлов. Международная научная конференция. «Инновация – 2013» .–Ташкент, 2013. С. 117–118.

16. Расулов А.Х., Нурмуродов С.Д. Матрицы для получения технических алмазов. Материалы XIX–ой международной научно-практической конференции. «Инновация-2014».Ташкент,23-24 октября 2014. С.83-84.

17. Расулов А.Х. и другие. Разработка технологии производства нового спеченного сплава Мо-TiC. Материалы V Международной студенческой научно-практической конференции. Омск, 4-10 апреля 2016. С. 138-142.

18. Расулов А.Х. и другие. Способ термической обработки литого биметаллического твердосплавного инструмента. Материалы V Международной студенческой научно-практической конференции. Омск, 4-10 апреля 2016. С. 432-436.

19. Расулов А.Х., Нурмуродов С.Д., Бахадиров К.Г. Внедрение технологии производства резцов типа РС-14 проходческо-очистных комбайнов. Материалы XXI–ой международной научно-практической конференции. «Инновация-2016».Ташкент,23-24 октября 2016. С. 152 - 153.

Автореферат «ТошДТУ хабарлари» илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз (резюме) тилларидаги матнлар мослиги текширилди (. 10. 2017 й).

Босишга рухсат этилди: 17.10.2017 йил
Бичими 60x84 $\frac{1}{16}$, «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи 5. Адади: 100. Буюртма: № 69.

“Алоқачи” босмахонасида чоп этилди.
Тошкент шаҳри Амур Темир кўчаси 108