

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/03.12.2019.Т.03.04 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**АЛЛАНАЗАРОВ АКМАЛ АБДУЛХАҚОВИЧ**

**ТУЗ КОНЛАРИ МАШИНАЛАРИ УЧУН КЕСКИЧ МАТЕРИАЛИНИНГ  
ЯНГИ ТАРКИБИ ВА ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қўймачилик. Металларга термик ва  
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси. Камёб,  
нодир ва радиактив элементлар технологияси (қўймачилик ва металларга ишлов  
бериш технологияси йўналиши)**

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

**Тошкент- 2021**

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

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

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

**Алланазаров Акмал Абдулхақович**

Туз конлари машиналари учун кескич материалнинг  
янги таркиби ва олиш технологиясини ишлаб чиқиш.....3

**Алланазаров Акмал Абдулхақович**

Разработка нового состава и технология  
производства резца для машин соляных карьеров.....23

**Allanazarov Akmal Abdulkhakovich**

Development of a new composition and  
production technology of a cutter for salt pits machines.....43

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works .....47

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/03.12.2019.Т.03.04 РАҚАМЛИ  
ИЛМий КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**АЛЛАНАЗАРОВ АКМАЛ АБДУЛҲАҚОВИЧ**

**ТУЗ КОНЛАРИ МАШИНАЛАРИ УЧУН КЕСКИЧ МАТЕРИАЛИНИНГ  
ЯНГИ ТАРКИБИ ВА ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қўймачилик. Металларга термик ва  
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси. Камёб,  
нодир ва радиактив элементлар технологияси (қўймачилик ва металларга ишлов  
бериш технологияси йўналиши)**

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

**Тошкент- 2021**

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси **Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси хузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2018.1.PhD/Т592 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида ([www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz)) ва «Ziyouet» Ахборот таълим порталида ([www.ziyouet.uz](http://www.ziyouet.uz)) жойлаштирилган.

<b>Илмий раҳбар:</b>	<b>Нурмуродов Салоҳиддин Дусмуродович</b> техника фанлари доктори, профессор
<b>Расмий оponentлар:</b>	<b>Зиямухамедова Умида Алижоновна</b> техника фанлари доктори, профессор <b>Абдурахмонов Хусниддин Закирханович</b> техника фанлари фалсафа доктори (PhD)
<b>Етакчи ташкилот:</b>	<b>Навоний давлат қончилик институти</b>

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети хузуридаги DSc.03/03.12.2019.Т.03.04 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «18» май соат 14<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2-уй. Тел./факс:(99871)227-10-32, e-mail: [tadqiqotchi@tdtu.uz](mailto:tadqiqotchi@tdtu.uz))

Диссертация билан Тошкент давлат техника университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№ 205 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2-уй. Тел.:(99871)227-10-32.)

Диссертация автореферати 2021 йил «5» май куни тарқатилди.  
(2021 йил «5» май № 122 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, т.ф.д. (PhD)

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

## **КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)**

**Диссертация мавзусининг зарураги ва долзарблиги.** Бугунги кунда дунё миқёсида тоғ-кон саноатида қўлланиладиган қазииш машиналарининг кескичларини қаттиқ қотишмалар асосида ишлаб чиқариш, кескичларнинг ишлаш муддатини ошириш, физик-механик ва эксплуатацион кўрсаткичларини яхшилаш устида олиб борилаётган тадқиқотлар мавзунинг долзарблигини кўрсатади. Бу борада калийли туз жинсларини самарали парчаловчи қаттиқ қотишмалар тишларни вольфрам карбиди асосида ишлаб чиқариш ва уларни соҳага қўллаш муҳим аҳамият касб этади.

Жаҳонда туз конларида қўлланиладиган қазииш машиналари кескичларининг қаттиқ қотишмалар тишларининг физик-механик ва эксплуатацион хоссаларини ошириш ҳамда янги қотишма таркибларини ишлаб чиқиш бўйича кенг қўламда илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Шу билан бир қаторда қаттиқ қотишмалар кескич материалларининг таркибини ишлаб чиқиш ва уларнинг механик хоссаларини ошириш, уларнинг физик-механик ва эксплуатацион хоссаларини яхшилайдиган вольфрам карбиди билан боғловчи компонентларини ишлаб чиқиш технологияларни яратиш муаммоси долзарб аҳамият касб этмоқда. Бу борада республикада вольфрам карбиди асосида қаттиқ қотишмалар тишларни ишлаб чиқариш, жумладан, конларда қўлланиладиган қазииш машиналари кескичлари учун калийли туз жинсларини самарали парчалайдиган, юқори физик-механик ва эксплуатацион хоссаларга эга бўлган йирик донадорли вольфрам карбиди асосидаги қаттиқ қотишмалар тишларни ишлаб чиқариш долзарб масала бўлиб қолмоқда.

Республикада ишлатилаётган конларда қўлланиладиган қазииш машинаси кескичларининг мустаҳкамлиги ва ейилишбардошлигини оширишга қаратилган чора-тадбирларда, шунингдек 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «... макроиктисодий барқарорликни мустаҳкамлаш ва юқори иқтисодий ўсиш суръатларини сақлаб қолиш, миллий иқтисодиётнинг рақобатбардошлигини ошириш, ... иқтисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш»<sup>1</sup> каби вазифалар белгиланган. Ушбу вазифаларни амалга ошириш, жумладан конларда қўлланиладиган қазииш машиналари кескич тишлари материалларининг янги таркибини вольфрам карбиди асосида ишлаб чиқиш ва уни олиш технологиясини ишлаб чиқиш асосий вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2016 йил 26 декабрдаги

---

<sup>1</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги Фармони

ПҚ-2698-сон «2017-2019 йилларда тайёр маҳсулот турлари, бутловчи буюмлар ва материаллар ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштиришнинг истиқболли лойиҳаларини амалга оширишни давом эттириш чора-тадбирлари тўғрисида», 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ-3682-сон «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий жорий қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялари ривожланишининг II. “Энергетика, энергия ва ресурс тежамкорлик” устувор йўналиши доирасида бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Дунё амалиётида конларни казишда кўлланиладиган кескич тишлари учун қаттиқ қотишмаларнинг янги таркибини ва олиш технологиясини яратиш ҳамда уларнинг хоссаларини тадқиқ қилиш соҳасидаги илмий тадқиқотлар билан G.C. Kreymmer, H. Exner, J.A. Gurland, H. Holleck, S. Takeda, P. Rautala, J.T. Norton, M. Gruter, A.F. Guillerymet, V.F. Funke, B.I. Konyashin, R.P. Herber, K. Nishigaki, H. Yoshimura, H. Doi, J.F. Zhao, T. Holland, C. Unuvar, Z.A. Munir, Г.В. Самонов, Я. С. Третьяков, В.А. Туманов, В.А. Ивенсен, М.Г. Лошак, В.С. Чистякова ва бошқалар шуғулланишган.

Ушбу йўналишда республикамизда В.В. Чекуров, Р.М. Михридинов, Р.У. Каламазов, Ф.Р. Норхуджаев, С.Д. Нурмуродов, А.Х. Расулов, Н.Х. Бекмирзаев, Ш.М. Шакиров ва бошқалар томонидан илмий-тадқиқот ишлари олиб борилган.

Бу илмий-тадқиқот ишларида олимлар томонидан асосан кобальтли ёки никель-молибден боғловчига эга бўлган майда ва жуда майда донадорли қаттиқ қотишма материалларини олиш технологиялари кўриб чиқилган. Бу илмий-тадқиқот ишларида йирик донадорли вольфрам карбиди асосида қаттиқ қотишма материалларини олиш кўриб чиқилмаган. Ушбу диссертация ишида бу муаммоларни ҳал қилишга доир масалалар кенг ёритилиб берилган.

**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 сон “Экстремал шароитда ишлайдиган қаттиқ қотишмадан тайёрланган асбобларни ишлаб чиқаришга жорий этиш” (2015-2016 йй.) мавзусидаги шартнома доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** конларда кўлланиладиган казиш машиналарнинг кескичлари учун калийли туз жинсларини самарали парчаловчи, қаттиқ қотишмали тишларни юқори эксплуатацион хоссаларга эга бўлган йирик донадорли вольфрам карбиди асосида тайёрлаш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

### **Тадқиқотнинг вазифалари:**

юқори физик-механик ва технологик хоссаларга ҳамда тенг тақсимланган йирик ўлчамли донадорликка эга бўлган вольфрам карбиди кукунларини олиш технологиясини ишлаб чиқиш;

конларда қўлланиладиган қазиш машиналарининг кескичлари учун йирик донадорли вольфрам карбиди кукуни асосли ейилишга бардошли қаттиқ қотишмали тишларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш;

конларда қўлланиладиган қазиш машиналарининг кескичлари учун калийли туз жинсларининг самарали кесишини таъминловчи қаттиқ қотишмали тишларнинг кимёвий таркибини ишлаб чиқиш;

вольфрам карбидли қаттиқ қотишмадаги кобальт боғловчисини кобальт-никель боғловчисига алмаштириш асосида қаттиқ қотишманинг туз жинсларини кесишдаги ейилишга бардошлилигини ошириш;

тадқиқот натижалари асосида олинган қаттиқ қотишмали кескич тишларини республикамизнинг калийли туз конларида қўллаш ва уларни қўллашдаги техник-иқдосодий кўрсаткичларни ошириш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида «Урал-20КС» русумли тозалаб-ўтувчи комбайнларнинг ишчи органига, калийли туз жинсларини парчалаш учун ўрнатиладиган РС-14 (Д6.22) турдаги тангенциал кескичлар ва уларнинг қаттиқ қотишмали тишлари, вольфрам, кобальт, никель ва вольфрам карбиди кукунлари олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** сифатида вольфрам карбиди билан кобальт, вольфрам карбиди билан кобальт-никель кукунларининг аралашмаси, кобальт ва кобальт-никель боғловчили йирик донадорли вольфрам карбиди асосли прессланган ва қиздириб пиширилган қаттиқ қотишмаларни олиш технологиялари олинган.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Олинган қотишма миқдорий кўрсаткичларини ўрганишда аналитик усуллар - қаттиқ қотишма материалларининг макро ва микроструктурасини МБС-9, МИМ-8М ва “Неофот-21” русумли металлографик микроскоплардан, рентгеноструктура таҳлилини амалга ошириш учун Ултима IV-рентгенли дифрактометр қурилмасидан, намунанинг механик кўрсаткичларини аниқлашда ТК-2 ва ПМТ-3 ускуналаридан ҳамда уларни қўллаш усуллари ёрдамида амалга оширилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

йирик донали вольфрам карбид кукунидан РС-14 турдаги кескичлар учун кобальт-никель боғловчили қаттиқ қотишманинг таркиби калийли туз жинсларини кесиш жараёнидаги ейилиш миқдорига кўра ишлаб чиқилган;

йирик донали ўлчамдаги вольфрам карбидини олиш технологияси вольфрам карбид кукунларини элементлардан синтезлаш ҳароратига, давомийлигига ва вольфрам кукунининг донадорликка кўра ишлаб чиқилган;

РС-14 турдаги кескич тишларини ишлаб чиқариш технологияси қаттиқ қотишмаларнинг ресурс тежамкорлиги бўйича ишлаб чиқилган;

вольфрам карбид донаторлиги 8...10 мкм бўлган қаттиқ қотишмадаги 11% кобальт боғловчини 11% (64%Co+36%Ni) кобальт-никель боғловчига алмаштириш асосида қаттиқ қотишманинг туз жинсларини кесишдаги ейилишга бардошлиги кобальтни никел билан легирлаганда ўртача 20...22% ортиши аниқланган;

ўртача контакт мустаҳкамлиги  $P_k = 450...500$  МПа, сиқилишдаги мустаҳкамлик чегараси  $\sigma_{сж} = 55...60$  МПа, абразивлик даражаси Барон-Кузнецов шкаласи бўйича  $a = 18...20$  мг бўлган калийли туз жинсларини самарали кесувчи қаттиқ қотишманинг янги 89%WC+7%Co+4%Ni кимёвий таркиби қаттиқ қотишманинг физик-механик ва эксплуатацион хоссасига асосан ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

турли мақсадларда қўлланиладиган қаттиқ қотишма материалларини олиш учун донаторлик ўлчами 6...8 дан 10...12 мкм бўлган йирик донаторли вольфрам карбиди кукунларини олиш технологияси ишлаб чиқилган;

йирик донаторли вольфрам карбиди асосли турли шакл ва ўлчамга эга бўлган қаттиқ қотишмани асбоб материалларини олиш технологияси ишлаб чиқилган;

конларда қўлланиладиган қазилма машиналарининг кескичлари, бурғилаш долотлари, турли парма ва зенкерлар, металлларга ишлов берувчи кескичлар тишлари учун йирик донаторли вольфрам карбиди асосли янги қаттиқ қотишма 89%WC+7%Co+4%Ni таркиби ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончилиги аниқ қўйилган вазифа асосида синаб текшириш усуллари асосида аниқланган физик-механик ва эксплуатацион хоссаларнинг кўрсаткичлари бўйича олинган натижаларни физик-математик формулалар ёрдамида ҳисоблашлар орқали аниқланган кўрсаткичлар натижаларини таққослаш ва тўлиқ мослигини таъминлаш орқали ҳамда йирик донали вольфрам карбидли қаттиқ қотишмаларни синаб текшириш усуллари асосида аниқланган макро ва микроструктура таҳлилларида аниқланган натижалар билан таққослаш орқали асосланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти соф элементлардан синтезлаш усулида вольфрам карбиди кукуни донаторлигининг ўлчами технологик жараёнининг ҳароратига, вақт давомийлигига ва бошланғич хомашё бўлган вольфрам кукунининг донаторлик ўлчамига боғлиқ ҳолда шаклланишининг тартиби аниқланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти мустаҳкам ва абразив бўлган калийли туз жинсларини самарали кесувчи, ейилишга бардошли, йирик донаторли вольфрам карбиди асосли қаттиқ қотишма таркиби ва ундан конларда қўлланиладиган қазилма машиналарининг кескичлари учун тишларни олиш технологияси ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Конларда қўлланиладиган қазилма машиналарнинг кескичлари учун ейилишга бардошли



каттик қотишмали тишларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олиб борилган тадқиқотнинг илмий натижалари асосида:

РС-14 турдаги кескич учун йирик донадорли (9...10 мкм) вольфрам карбид таркибли ВК11В маркали каттик қотишма «Олмалик КМК қошидаги нодир металлар ва каттик қотишмалар ишлаб чиқариш бўйича илмий ишлаб чиқариш бирлашмаси»га жорий этилган («Олмалик КМК» АЖ 2020 йил 22 октябрдаги 1527-сон маълумотномаси). Натижада калий ва тош тузи рудаларини казиб олиш унумдорлигини 1,13-1,15 марта оширишга хизмат қилган;

донадорлиги йирик ўлчамли вольфрам карбидини олиш технологияси «Олмалик КМК қошидаги нодир металлар ва каттик қотишмалар ишлаб чиқариш бўйича илмий ишлаб чиқариш бирлашмаси»га жорий этилган («Олмалик КМК» АЖ 2020 йил 22 октябрдаги 1527-сон маълумотномаси). Натижада маҳсулотни ишлаб чиқаришдаги энергия сарфини 1,12-1,13 марта камайтиришга хизмат қилган;

РС-14 турдаги кескич тишларини ишлаб чиқариш технологияси «Олмалик КМК қошидаги нодир металлар ва каттик қотишмалар ишлаб чиқариш бўйича илмий ишлаб чиқариш бирлашмаси»га жорий этилган («Олмалик КМК» АЖ 2020 йил 22 октябрдаги 1527-сон маълумотномаси). Натижада кескични ишлаб чиқаришдаги таннархини 10-15% камайтиришга хизмат қилган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Диссертациянинг тадқиқот натижалари, жумладан 5 та халқаро ва 4 та республика илмий-амалий анжуманлари ва симпозиумларида муҳокамадан ўтган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 18 та илмий иш чоп этилган. Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларида 7 та мақола, жумладан 5 таси республика, 2 таси хорижий журналларда ва битта ҳаммуаллифликдаги монография нашр 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 ўтказилган тадқиқотнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқот мақсади ва вазифалари шаклланган, объекти ва предметлари тавсифланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва асосий натижалари баён қилинган, тадқиқотнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш ва апробацияси, шунингдек нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Туз жинсларини кесиш учун кескич материаллари ва уларни яратишнинг замонавий ҳолати»** деб номланган биринчи бобида туз конлари комбайнларининг ишлаши ва уларда қўлланиладиган кескичлар турлари, конструкцияси, туз жинсларини кесиш жараёнида кескичнинг ҳаракатланиш траекторияси, кескичга таъсир кўрсатадиган юкламалар, кескичнинг дастаси ва тишини тайёрлашда қўлланиладиган материаллар физик-механик хоссалари ҳамда уларни яратиш муаммолари замонавий ҳолатининг таҳлили ўтказилган.

Тоғ-кон комбайнлари кескичларининг тишларида қўлланиладиган қаттиқ қотишмалар маркаларининг яратилиши ва эксплуатацион хоссалари бўйича МДХ ва чет эл давлатлари манбаалари бўйича ўтказилган таҳлиллар натижаларига кўра кескичлар билан калийли туз жинсларини самарали кесиш учун кескич тишлари йирик донадорликка эга бўлган вольфрам карбиди асосли қаттиқ қотишмадан тайёрланишининг мақсадга мувофиқлиги кўрсатиб берилган. Бундан ташқари, бу бобда йирик донадорликка эга бўлган вольфрам карбиди кукунларини ишлаб чиқариш технологиялари бўйича чет эл ва республикамиз олимлари томонидан ўтказилган тадқиқот натижалари ўрганилган ва таҳлил қилинган.

Диссертациянинг **«Объектларни танлаш ва қаттиқ қотишмалар физик-механик хоссасини тадқиқ қилиш методикаси»** деб номланган иккинчи бобида тадқиқот объектини танлаш, WC асосли қаттиқ қотишмалар олиш учун хомашё материаллари ва уларнинг асосий хоссалари ҳамда WC асосли қаттиқ қотишмалар физик-механик хоссаларини тадқиқ этишнинг замонавий усуллари ва қурилмаларидан фойдаланиш бўйича маълумотлар келтирилган.

Йирик донадорликка эга бўлган WC олиш учун ўртача донадорлиги 8,50...10,50 мкм бўлган W9,5 маркали вольфрам кукунини ва WC+Co қаттиқ қотишма физик-механик хоссаларини ошириш мақсадида ПНК-УТ1 маркали никель кукунини танланган.

Диссертация ишида тадқиқотнинг замонавий назарий ва экспериментал усулларида фойдаланилган: жумладан, WC кукун намуналарининг структура-фаза таркиби Ultima IV – рентгенли дифрактометрида (XRD), макро- ва микроструктураси, «НЕОРНОТ-21» (Германия) ҳамда МБС-9 маркали макро қурилмаларда ўрганилган.

Кескичларнинг конлардаги эксплуатацион шароитидан келиб чиққан ҳолда 730 ТД йўниш дастгоҳи асосида РС-14 турдаги кескич тишларининг ейилишга бардошлилигини синаш усули ва қурилмаси ишлаб чиқилган.

Диссертациянинг **«Йирик донадорли вольфрам карбид кукунларини олиш технологиясини ишлаб чиқиш»** деб номланган учинчи боби вольфрам кукунини углерод кукунини билан карбидлаш назарий асосларининг таҳлилига, вольфрам ва углерод кукунларининг аралашмасидан соф элементлардан синтезлаш усулида йирик донадорликка эга бўлган вольфрам карбид кукунларини олиш технологиясини ишлаб чиқиш, технологик жараён ҳароратини, вақт давомийлигини WC кукунининг

структура-фазалар таркибига, донадорлигига, заррача ўлчами ва шаклига ҳамда таркибидаги боғланган ва эркин углерод миқдорига таъсирини тадқиқ қилиш натижаларига бағишланган.

Ҳисоблар шуни кўрсатдики, ўлчами 10 мкм бўлган вольфрам заррачага 1900°C ҳароратда газ фазадан углероднинг стационар диффузиясида углероднинг диффузион оқими  $6,01 \cdot 10^{-11}$  г/(см<sup>2</sup>·с) ташкил этган, ҳароратнинг 2500°C га ортиши углероднинг вольфрамдаги диффузион оқимини 1339 марта оширган ва  $4,15 \cdot 10^{-8}$  г/(см<sup>2</sup>·с) ташкил этган. Шунингдек, углероднинг 1900°C ҳароратда вольфрамга ностационар диффузиясида ўлчами 10 мкм бўлган заррачанинг тўлиқ WC ҳосил бўлиб, карбидланиш вақти 3,206 сонияни ташкил этиши кўрсатиб берилган.

Углероднинг вольфрамга стационар диффузияси учун углероднинг диффузион оқимини ҳисоблашда Фик қонунининг шарсимон юзалар учун мўлжалланган формуласидан фойдаланилди:

$$J = 4\pi D(C_A - C_B) \cdot \frac{r_B r_A}{r_B - r_A} \quad (3.5)$$

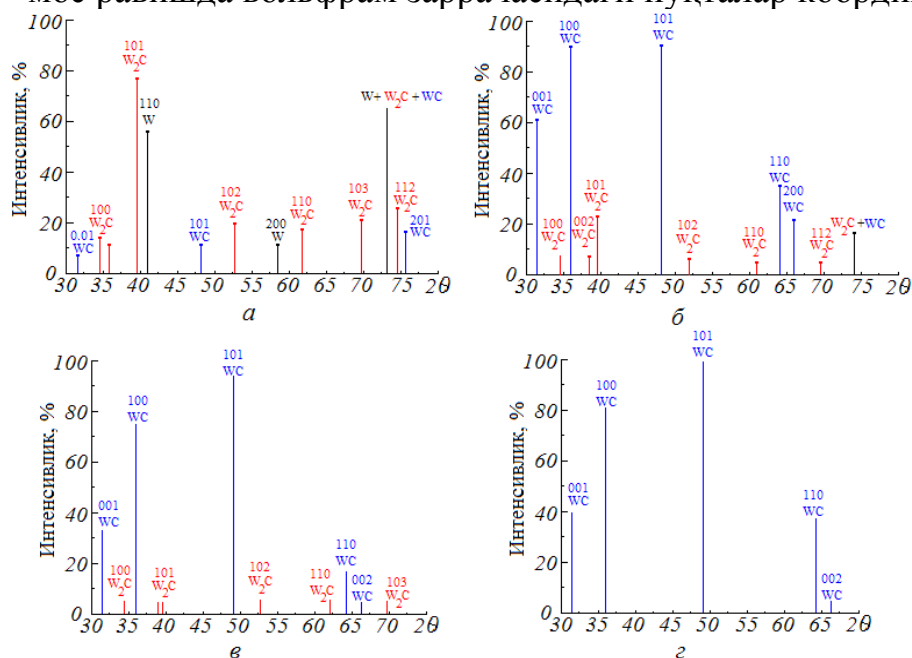
бунда  $J$  – диффузия оқими, г/(см<sup>2</sup>·с);

$D$  – углероднинг вольфрамга диффузияси коэффиценти, см<sup>2</sup>/с;

$C_A$  – вольфрам заррачасининг ташқи юзасидаги углерод концентрацияси, А нукта, %;

$C_B$  – вольфрам заррача ичидаги углероднинг концентрацияси, В нукта, %;

$r_A$  ва  $r_B$  – мос равишда вольфрам заррачасидаги нукталар координатаси, см.



**а – 1900 °С; б – 2000 °С; в – 2100 °С; д – 2200 °С**

**1 – расм. Турли ҳароратларда ва 2 соат давомида карбидланган намуналар дифрактограммасининг штрих-диаграммаси**

Турли 1900, 2000, 2100, 2200 °С ҳароратларда ва бир хил вақт давомида карбидлаш жараёнидан ўтган вольфрам ва углерод кукуни аралашма намуналарининг сифатли рентгеноструктура-фазали таҳлили натижаларига

кўра 2200°C ҳароратда ва 2 соат вақт давомида карбидлаш жараёнидан ўтган намуна тўлиқ WC фазасидан ташкил топган бўлиб, бунда WC – фазасининг углерод билан 6,13% тўйинишига жараён давомийлик вақти етмаганлиги аниқланган (1 – расм).

Бир хил 2200°C ҳарорат ва турли 3, 4, 5, 6 соат вақт давомида карбидлаш жараёнидан ўтган вольфрам ва углерод кукун аралашма намуналарининг рентгеноструктура-фазалар таҳлили шуни кўрсатдики, 2200°C ҳароратда ва 4 соат давомида WC – фазасида 6,12% углеродга тўйинади ва карбидлаш жараёнининг кейинги 5, 6 соат давомида WC – фазадаги углерод миқдори ўзгармасдан қолади (1– жадвал).

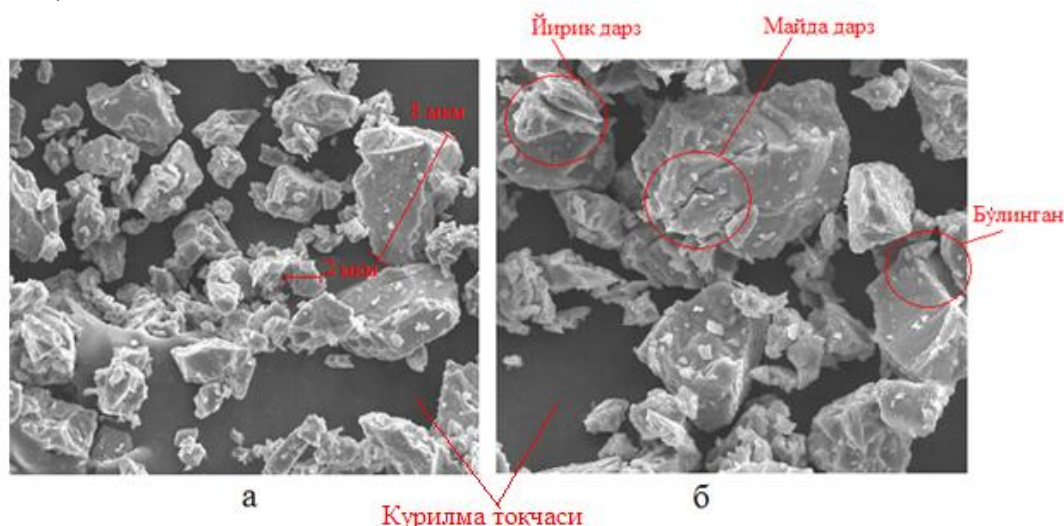
1 – жадвал

2200 °C ҳароратда ва турли вақт давомида карбидланган намуналардаги углерод миқдорини аниқлаш бўйича ўтказилган таҳлил натижалари

Углерод, %	Карбидлаш жараёни вақтининг давомийлиги, соат			
	3	4	5	6
Боғланган углерод, $C_{\text{бф}}$	6,0	6,12	6,12	6,12
Эркин углерод, $C_{\text{эрк}}$	0,13	0,03	0,03	0,03
$C_{\text{бф}} + C_{\text{эрк}}$	6,13	6,15	6,15	6,15

Карбидлаш жараёнининг давомийлик вақтининг WC донадорлигига ва заррачалар ўлчами ҳамда шаклига таъсирини тадқиқ қилиш бўйича ўтказилган тадқиқот натижасига кўра WC кукуни донадорлиги бошланғич вольфрам кукуни донадорлигига ва жараён вақтининг давомийлигига боғлиқ ҳолда қуйида келтирилган тартибда шаклланади:

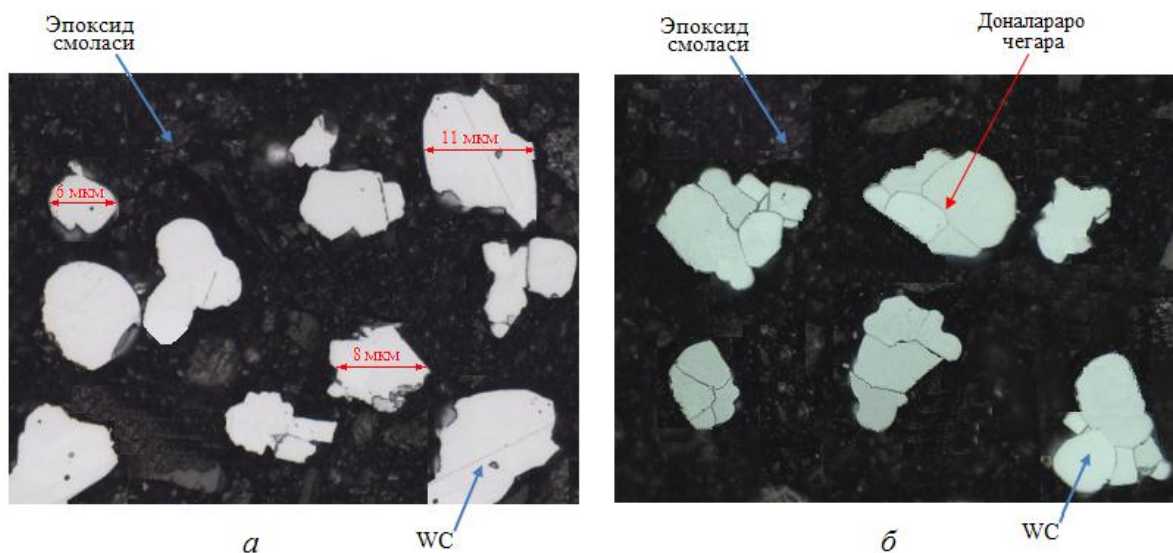
- карбидлаш жараёнининг 3...4 соатларида вольфрам кукуни заррачаларида содир бўладиган кристалл ўзгаришлар натижасида ҳосил бўладиган ички зўриқишлар йирик ( $d \geq 8$  мкм) ўлчамли заррачаларнинг ўлчами 1...6 мкм бўлган майда заррачаларга парчаланишига олиб келган (2 – расм);



а – х2000; б – х3000

2 – расм. 2200 °C ҳароратда ва 4 соат давомида карбидланган намуна кукунининг сурати

- жараённинг 4...5 соатларида ўлчами 7...8 мкм бўлган вольфрам заррачаларни ўлчами 1...3 мкм бўлган майда заррачалар билан бирикади ва натижада ўлчами 9...12 мкм бўлган йирик заррачалар ҳосил бўлади (3-расм);



**а – травитланмаган; б - травитланган**

**3 – расм. 2200 °C ҳароратда ва 5 соат вақт давомида карбидланган заррачаларнинг микроструктура сурати**

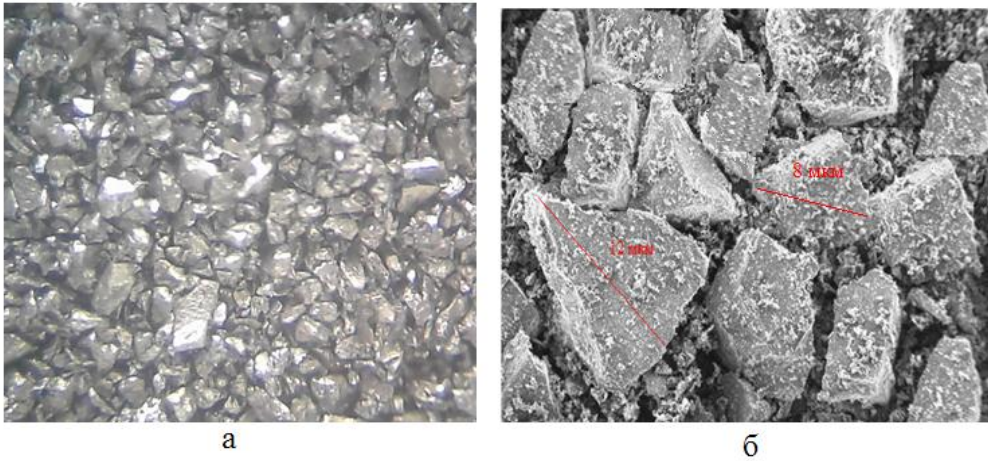
- карбидлаш жараёнининг 5...6 соатлари давомида вольфрам карбиди куқун заррачалари бир-бири билан тўлиқ каттиқ фазали диффузион пишиб, вольфрам карбиди заррачаларидан ташкил топган ғовакли блоклар ҳосил бўлади (4 – расм);



**4 – расм. 2200 °C ҳароратда ва 6 соат давомида карбидланган намуналар.**

- вольфрам карбиди куқуни заррачаларининг шакли карбидлаш жараёни вақти давомийлигига боғлиқ холда, заррачалар шакли қирралидан қиррасизгача ўзгаради (5 – расм).

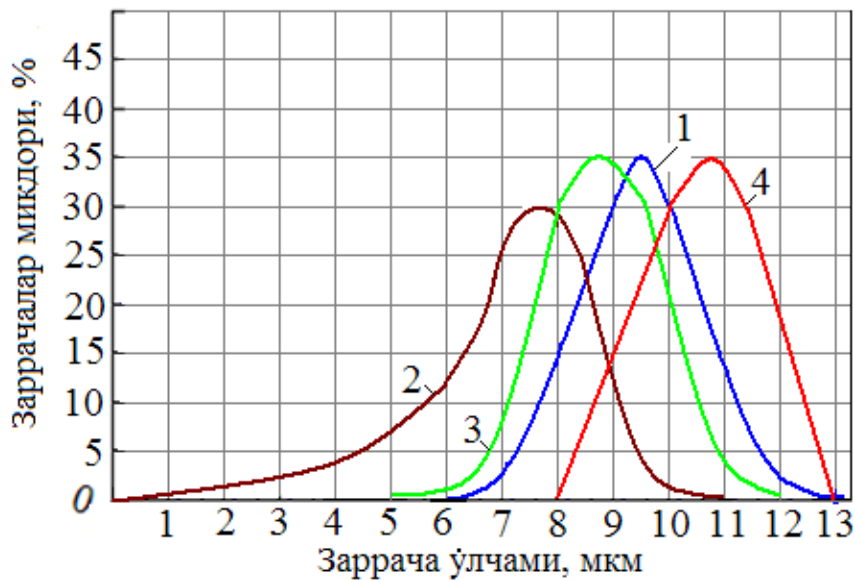




а – х800; б – х3000

5 – расм. 2200 °С ҳароратда ва 6 соат давомида карбидланган намуна кукунининг сурати

2200 °С ҳарорат ва турли вақт давомида карбидлаш жараёнидан ўтган намуналар кукунларининг донадорлиги тадқиқоти натижасида олинган вольфрам карбиди кукунлари донадорлигининг шаклланиш динамикаси 6 – расмда келтирилган.



1 – вольфрам; 2 – 4 соат; 3 – 5 соат; 4 - 6 соат

6 – расм. 2200 °С ҳароратда ва турли вақт давомида карбидланган намуна кукун донадорлигининг шаклланиш динамикаси

2200 °С ҳарорат ва турли вақт давомида карбидлаш жараёнидан ўтказилган кукун намуналар заррачаларининг микроқаттиқлиги таҳлили шуни кўрсатдики, 4 соат давомида карбидланган кукун намуна заррачасининг микроқаттиқлиги 5 ва 6 соат давомида карбидланган намуна кукун заррачасининг микроқаттиқлигидан катта (2 – жадвал).

Ўтказилган тадқиқотлар натижалари асосида W9,5 маркали вольфрам ва углерод кукунлари аралашмасидан соф элементлардан синтезлаш усулида донадорлиги ўртача 5...8, 7...10 ва 9...12 мкм бўлган вольфрам карбиди кукунларини олиш технологияси ишлаб чиқилган (3 – жадвал).

**2200 °C ҳароратда ва турли вақт давомида карбидланган намуналар кукуни заррачаларининг микроқаттиқлиги**

Заррача ўлчами, мкм	Юклама, гр	Карбидлаш жараёнининг вақт давомийлиги, соат		
		4	5	6
		Микроқаттиқлик, ГПа		
8...10	50	23,856	23,536	23,476

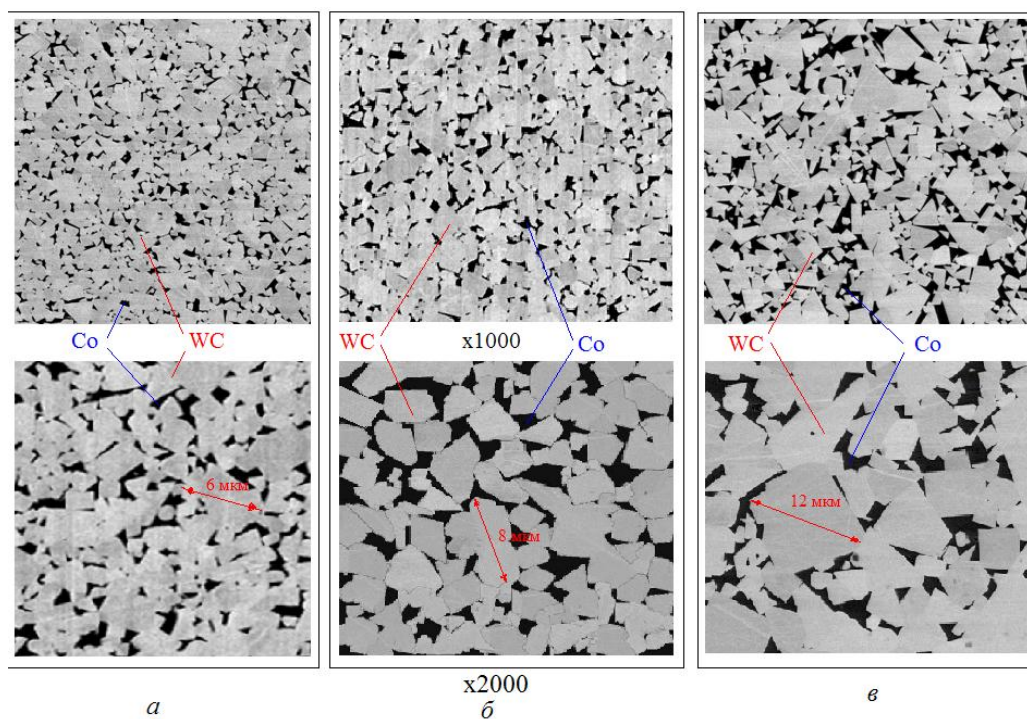
**Соф элементлардан синтезлаш усулида W9,5 маркали вольфрам ва углерод кукунларини карбидлаш технологияси**

WC донадорлиги, мкм	Жиҳози	Ҳарорати, °C	Мухит сарфи, м <sup>3</sup> /соат	Вақт давомийлиги, соат	Унумдорлиги, кг/смена
5...8	Графит найли ПГТ-60/2	2200	Н <sub>2</sub> , 1	4	32
8...10				5	25
11...12				6	20

Диссертациянинг «**Туз жинсларини самарали кесувчи йирик донали вольфрам карбиди асосли қаттиқ қотишма таркибини ишлаб чиқиш**» деб номланган тўртинчи боби йирик донадорликка эга бўлган вольфрам карбиди асосли қаттиқ қотишма намуналарини олиш технологиясини ишлаб чиқиш, WC донадорлигини қаттиқ қотишма структурасига ва физик-механик хоссаларига, ейилишга бардошлилигига таъсирини тадқиқ қилиш, намуналарни туз конларида апробациядан ўтказиш ҳамда уларни конларда қўллаш бўйича техник-иқтисодий самарадорликни аниқлашга бағишланган.

Кукун металлургияси усулларида олинадиган қаттиқ қотишмаларнинг асосий сифат кўрсаткичларидан бири бу материалдаги қолдиқ ғовакликнинг қиймати ҳисобланади, у материални олиш жараёнида ҳосил бўлади. Шунинг учун диссертация ишида олинган қаттиқ қотишма намуналардаги қолдиқ ғоваклик SIAMS 700<sup>TH</sup> автоматик қурилмасида тадқиқ этилган, намуналарнинг микроструктураси эса намунанинг травитланган ва травитланмаган шлифларини «NEOPHOT-21» микроскопи ёрдамида х1000, х2000 марта катталаштирилган ҳолда тадқиқот ўтказилган.

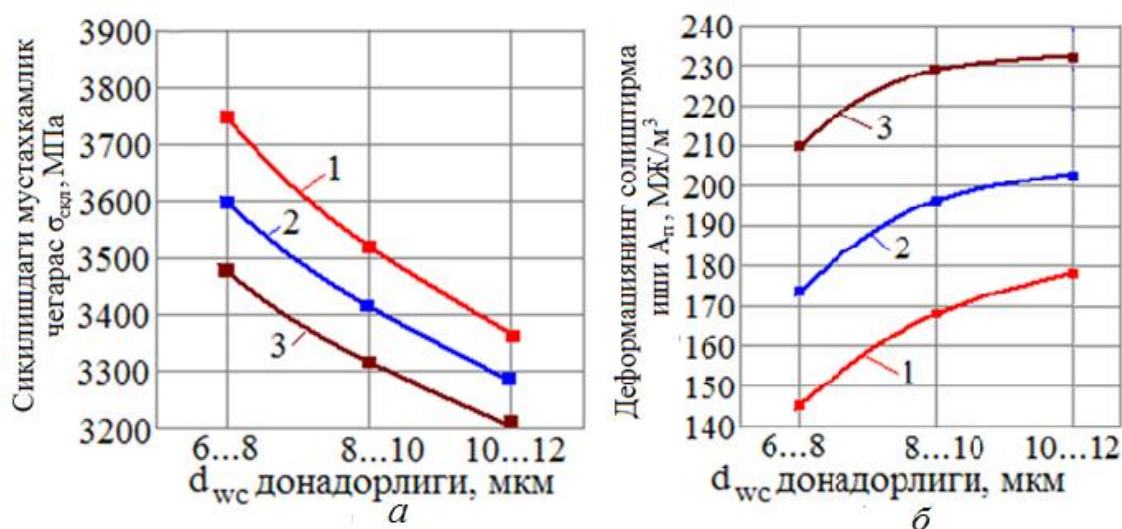
Намуналарнинг микроструктура таҳлили шуни кўрсатдики, қаттиқ қотишма намуналарда WC кукунининг заррачалари ( $\beta$  – фаза) шлиф юзаси бўйлаб тенг тақсимланган, қиздириб пишириш жараёни давомида намуналар таркибидаги кобальт ( $\gamma$  – фаза) тўлиқ WC заррачалараро бир текис тақсимланган, шлифлар юзасида майда дарзлар ёки ўлчами 7 мкмдан катта бўлган ғовакликлар аниқланмади. Бундан ташқари, шлифлар юзасида эркин углерод заррачалари аниқланмади. Намуна шлифининг юзасида 7 мкм дан кичик бўлган ғовакликлар микдори 0,20%ни ташкил этган, бу эса олинган намуналар сифатга эга эканлигини кўрсатган (7 – расм).



$d_{WC}$  донаторлиги, мкм а – 6...8; б – 8...10; в – 10...12

7 – расм. Таркиби 89%WC+11%Co қаттиқ қотишма намуналарининг травитланган микроструктураси сурати

Вольфрам карбид кукуни донаторлигини қаттиқ қотишма физик-механик хоссасига таъсирининг тадқиқи бўйича олинган натижаларга кўра, WC донаторликнинг 6...8 дан 10...12 мкм гача ортиши WC+Co қаттиқ қотишма намуналарининг қаттиқлигини 3%, кўндаланг эгилишдаги мустаҳкамлик чегарасининг 10%, сиқилишдаги мустаҳкамлик чегарасини 9% ва оқувчанлик чегарасининг 10% пасайиши, шу билан бирга материалнинг пластиклик чегарасининг ва пластик деформациянинг солиштирма ишининг 20...25% га ошиши аниқланган.



1 – 92%WC+8%Co; 2 – 90%WC+10%Co; 3 – 89%WC+11%Co

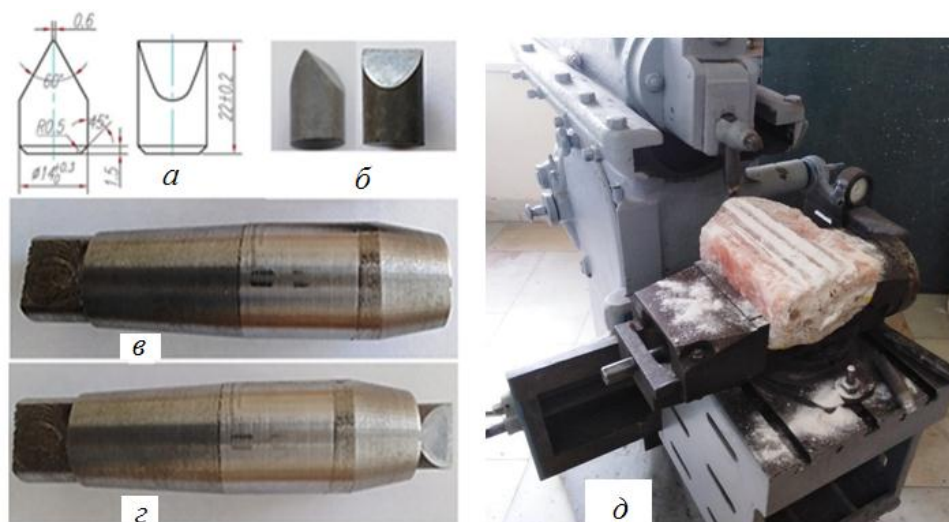
8 – расм. WC+Co намуналарининг: (а) сиқилишдаги мустаҳкамлик чегарасининг; (б) деформациянинг солиштирма ишининг  $d_{WC}$  донаторлигига боғлиқ ҳолда ўзгариш графиги



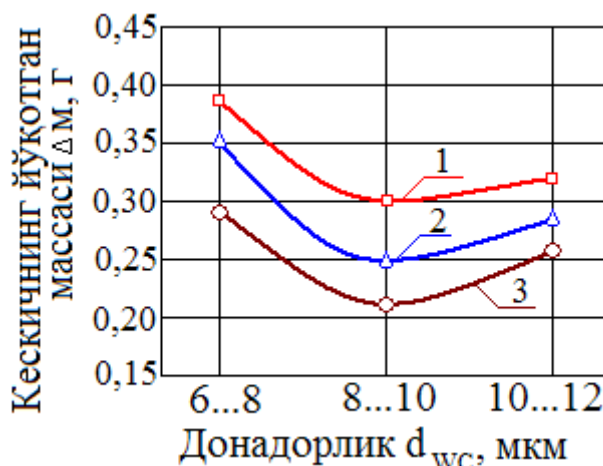
Донадорлигининг йириклашиши ҳисобига WC+Co каттиқ қотишма намуналари пластиклигининг ортиши намуналар статик мустаҳкамлигининг пасайишига нисбатан парчаланишдаги деформация ишининг қийматига кўпроқ таъсир кўрсатган (8,б – расм).

Кескичларнинг калийли туз жинсларни кесишдаги ейилишга бардошлилигини синаш махсус ишлаб чиқилган 730 ТД русумли бўйлама-йўниш дастгоҳида «Dehqonobod kaliy zavodi» АЖ корхонаси томонидан тақдим этилган калийли туз блокларини йўниш орқали амалга оширилган (9 – расм).

Кескичнинг ейилишга бардошлилигини синаш бўйича олинган натижаларга кўра, WC+Co каттиқ қотишма намуналарнинг WC донадорлигининг ортиши материал ейилишга бардошлилигига ўзгарувчан таъсир кўрсатган. Бунда WC донадорлигининг 8...10 мкм бўлган WC+Co каттиқ қотишма намуналар юқори ейилишга бардошлиликка эгаллиги аниқланган (10 – расм).



*a* – тиш чизмаси; *б* – тишлар; *в* – кескич дастаси; *г* – кескич; *д* – кескич ва блок.  
9 – расм. РС-14 кескичи ва уни ейилишга синаш

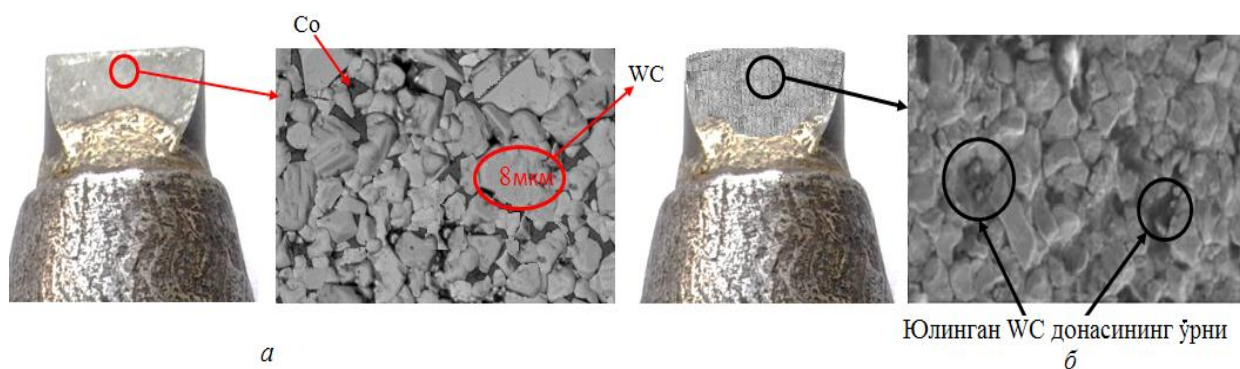


1 – 92%WC+8Co; 2 – 90%WC+10%Co; 3 – 89%WC+11%Co.

10 – расм. WC+Co ҚҚ  $d_{WC}$  донадорлигига ва кобальт миқдорига (1, 2, 3) боғлиқ ҳолда материалнинг ейилишга бардошлилигининг ўзгариш графиги ( $a = 18...20$  мг)

Синовдан ўтган барча турдаги намуналар юзасининг микроструктура таҳлили шуни кўрсатадики, тишнинг ейилган юзасининг баъзи жойларида WC заррачалар ўрнидан юлиб ёки синдириб олинган. Бунда WC дондорлиги 10...12 мкм, таркиби 89%WC+11%Co бўлган қаттиқ қотишма намуналар юзадан юлиб олинган WC заррачаларнинг 0,01 см<sup>2</sup> юзадаги ўртача сони 3..4 донани ташкил этган бўлса, қолган намуналарда у ҳар бир 0,01 см<sup>2</sup> юзада ўртача 1... 2 донани ташкил этган.

Олинган натижаларга кўра, қаттиқ қотишма намуналарининг WC дондорлигининг 8...10 дан 10...12 мкм гача ортиши, қаттиқ қотишманинг кобальт асос билан калий туз жинси орасидаги таъсирлашув юзасининг катталашшига олиб келган бунинг натижасида кобальт асоснинг абразив ейилиши ортган, бу эса WC+Co қаттиқ қотишма намуналаридан WC заррачаларининг тўкилишига олиб келган. Шунинг учун WC дондорлиги 8...10 мкм бўлган WC+Co намуналарнинг ейилиш жадаллиги, WC дондорлиги 8...10 мкм бўлган намуналарникидан катта (11 – расм).



***a* – синовдан олдинги ва *b* – синовдан кейинги**

**11 – расм. Таркиб 92%WC+8%Co  $d_{WC}$  дондорлиги 10...12 мкм бўлган WC+Co ҚҚ тишнинг ейилган юзаси ва унинг микроструктура суратлари**

Ўтказилган тадқиқот натижаларига кўра, калийли туз жинсларининг йирик донали вольфрам карбиддан тайёрланган тишлар билан самарали кесишни янада ошириш учун қаттиқ қотишма кобальт асосини физик-механик хоссаларини ошириш зарур.

Қаттиқ қотишманинг кобальт асосини мустаҳкамлаш усуллари таҳлили шуни кўрсатганки, WC+Co системасидаги кобальт асосини мустаҳкамлашнинг энг мақбул усули бу кобальтни бошқа элементлар билан легирлаш. Қаттиқ қотишма кобальт асосини легирлаш учун энг мақбул элемент никель ва никель-кобальт қотишмалари бўлиб чиққан, чунки никель вольфрам карбид заррачаларини ўзида тўлиқ намлайди, у билан кимёвий бирикма ҳосил қилмайди ва ўзида эритмайди.

Никель миқдорига боғлиқ ҳолда қаттиқ қотишма физик-механик хоссаларига ва ейилишга бардошлилигига таъсирини аниқлаш мақсадида таркиби 9%Co+2%Ni, 8%Co+3%Ni, 7%Co+4%Ni, 6%Co+5%Ni кобальт-



Апробацяя жараёнида  $89\%WC+7\%Co+4\%Ni$  таркиби қаттиқ қотишма тишига эга бўлган кескич намуналарнинг эксплуатацион хоссалари ҳозирда «Дехқонобод калий заводи» АЖ калийли туз конларида қўлланилиб келинаётган тиши ВК11КС маркали қаттиқ қотишмадан тайёрланган кескичлар билан таққослаш орқали амалга оширилган.



а – пастки; б – устки

**13 – расм. «Урал-20КС» русумли тозалаб-ўтувчи комбайннинг ишчи органига РС-14 турдаги кескичларнинг жойлашиши**

Ўтказилган апробация натижаларига кўра ишлаб чиқилган  $89\%WC+7\%Co+4\%N$  йирик донали қаттиқ қотишма таркибидан тайёрланган тишли кескич намуналари ёрдамида комбайн томонидан узунлиги 30 м бўлган калийли туз шахтаси қазилган. Ишлаш жараёнида комбайн 6 марта ейилган кескичларни алмаштириш учун тўхтаган ва 21 дона кескичлар янгисига алмаштирилган (4 - жадвал).

4 – жадвал

**Кескичларнинг эксплуатацион хоссаларини таққослаш**

Эксплуатацион хосса кўрсаткичлари	Ҳозирда қўлланилаётган	Экспериментал
Кескич тишининг материали	ВК11КС	$89\%WC+7\%Co+4\%Ni$
Қазилган шахта узунлиги, м	30	30
Кескич алмаштиришга тўхташлар сони, марта	9	6
Кескич алмаштиришга сарфланган вақт, дақиқа	88	55
Алмаштирилган кескичлар сони, дона	29	21
Кескич сарфи, дона/м <sup>3</sup>	0,091	0,065

«Дехқонобод калий заводи» АЖ калийли туз конларида қўлланилиб келинаётган ВК11КС маркали қаттиқ қотишма тишини жорий этилаётган  $89\%WC+7\%Co+4\%Ni$  таркибли қаттиқ қотишма (ВК11В маркали) тишига

алмаштиришда иқтисодий самарадорлик 0,4 млн сўмни ташкил қилди (жорий этиш тўғрисидаги акти 2020 йил Олмалиқ КМК қошидаги камёб металллар ва қаттиқ қотишмаларни ишлаб чиқарувчи ИИБ).

Ишлаб чиқилган қаттиқ қотишма  $89\%WC+7\%Co+4\%Ni$  таркибини бошқа соҳаларда қўллашни кенгайтириш мақсадида «TURON ABRASIVE» ОАЖ билан ҳамкорликда перфораторларнинг бетон тешувчи пармалар тишлари ва бетон-парчаловчи клинлар ўрнатма тишлари тайёрланган ва синовдан ўтказилган.

Ўтказилган синов натижаларига кўра  $89\%WC+7\%Co+4\%Ni$  таркибли қаттиқ қотишмадан тайёрланган парма тишлари ВК8 маркали қаттиқ қотишмадан тайёрланган парма тишларига ва бетон-парчаловчи ўрнатма тишларига нисбатан 15...20% ортиқ ишлаш муддатига эга эканлиги аниқланган.

## ХУЛОСА

1. Йирик донали вольфрам карбид кукунидан РС-14 турдаги кескичлар учун кобальт-никель боғловчили қаттиқ қотишманинг таркиби, калийли туз жинсларини кесиш жараёнидаги ейилиш миқдорига кўра ишлаб чиқилган.

2. Йирик донали ўлчамдаги вольфрам карбидини олиш технологияси вольфрам карбид кукунларини соф элементлардан синтезлаш ҳароратига, давомийлигига ва вольфрам кукунининг донаторлигига кўра ишлаб чиқилган.

3. РС-14 турдаги кескич тишларини ишлаб чиқариш технологияси қаттиқ қотишмаларнинг ресурс тежамкорлиги бўйича ишлаб чиқилган.

4. Вольфрам карбиди асосли қаттиқ қотишмали тишга эга бўлган кескич билан калийли туз жинсларининг кесиш самарадорлиги асосан қаттиқ қотишма тиш материалининг пластиклик деформацияланиш ресурсига боғлиқ эканлиги аниқланган.

5. Йирик донаторли WC кукуни ва кобальт боғловчидан тайёрланган қаттиқ қотишмали тишлари билан калийли туз жинсларини кесиш жараёнида асбобнинг ейилиши кобальт боғловчининг туз жинсларида мавжуд бўлган абразив заррачалари томонидан сидирилиши натижасида содир бўлиши аниқланган.

6. Вольфрам карбид донаторлиги 8...10 мкм бўлган қаттиқ қотишмадаги 11% кобальт боғловчини 11% (64%Co+36%Ni) кобальт-никель боғловчига алмаштириш асосида қаттиқ қотишманинг туз жинсларини кесишдаги ейилишга бардошлилиги кобальтни никель билан легирлаганда ўртача 20...22% ортиши аниқланган.

7. Ўртача контакт мустаҳкамлиги  $P_k = 450...500$  МПа, сиқилишдаги мустаҳкамлик чегараси  $\sigma_{сж} = 55...60$  МПа, абразивлик даражаси Барон-Кузнецов шкаласи бўйича  $a = 18...20$  мг бўлган калийли туз жинсларини самарали кесувчи қаттиқ қотишманинг янги 89%WC+7%Co+4%Ni кимёвий таркиби қаттиқ қотишманинг физик-механик ва эксплуатацион хоссасига асосан ишлаб чиқилган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/03.12.2019.Т.03.04 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ  
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**АЛЛАНАЗАРОВ АКМАЛ АБДУЛХАКОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА НОВОГО СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИЯ  
ПРОИЗВОДСТВА РЕЗЦОВ ДЛЯ МАШИН СОЛЯНЫХ КАРЬЕРОВ**

**05.02.01 – Материаловедение в машиностроении. Литейное производство.  
Термическая обработка и обработка металлов давлением. Металлургия чёрных,  
цветных и редких металлов. Технология редких, благородных и радиоактивных  
элементов (литейное производство, обработка металлов, технические направления)**

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

**Ташкент- 2021**



Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2018.1.PhD/T592.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации на двух языках (узбекский, русский и английский (резюме)) размещен на веб-странице ([www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz)) и информационно-образовательном портале «Ziynet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Научный руководитель:** Нурмуродов Салохадин Дусмуродович  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** Зиямухамедова Умида Алижоновна  
доктор технических наук, профессор

Абдурахмонов Хусниддин Закирханович  
доктор философии по техническим наукам (PhD)

**Ведущая организация:** Навоийский государственный горный институт.

Защита диссертации состоится «18» мая 2021 года в 14<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.28.02.2018.T.03.04. при Ташкентском государственном техническом университете и Национальном университете Узбекистана. (Адрес: 100095, г.Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел./ факс:(99871)227-10-32, e-mail: [tadqiqotchi@tdtu.uz](mailto:tadqiqotchi@tdtu.uz))

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрирована за №205). (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.:(99871)227-10-32.)

Автореферат диссертации разослан «5» мая 2021 года.  
(реестр протокола рассылки №122 от «5» мая 2021 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, д.ф.т.н.

**Ф.С.Абдуллаев**

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



## ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской диссертации)

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** На сегодняшний день в мировом масштабе приобретает особую важность научные работы, по производству твердосплавных зубьев для резцов горно-карьерных машин, повышению их срока службы, физико-механических и эксплуатационных свойств. В связи с этим разработка твердосплавных зубьев на основе карбида вольфрама, обеспечивающая эффективное разрушение калийно-солевых пород и их применение в отрасли, является важной задачей.

Во всем мире проводятся целевые научно-исследовательские работы по повышению физико-механических и эксплуатационных свойств твердосплавных зубьев резцов горно-карьерных машин в солевых рудниках и разработки новых твердосплавных составов для изготовления зубьев. Наряду с этим являются актуальными, разработка состава твердого сплава для зубьев и повышение их механических свойства, также создание технологии производства связующих компонентов карбида вольфрама, улучшающих физико-механические и эксплуатационные свойства. В связи с этим считается важным в республике производство зубьев на основе твердых сплавов из карбида вольфрама, в том числе разработка и изготовление относительно дешевых и импортозамещающих составов твердосплавных зубьев с улучшенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами на основе крупнозернистого карбида вольфрама для эффективного разрушения калийно-солевых пород.

Уделяется особое внимание мероприятиям по повышению прочности и износостойкости зубьев для резцов горно-карьерных машин, применяемых в рудниках республики. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах определены задачи, включая «... укрепление макроэкономической стабильности и сохранение высоких темпов роста экономики, повышение ее конкурентоспособности, ... сокращение энергоемкости и ресурсоемкости экономики, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологии»<sup>1</sup>. Выполнение данных задач, в частности, разработка нового химического состава материала зубьев для резцов горно-карьерных машин и технологии его получения является одной из важных задач.

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

---

<sup>1</sup>Указ Президента Республики Узбекистан № УП 4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан»

продукции, комплектующих изделий и материалов на 2017-2019 годы», № ПП-3117 от 7 июля 2017 года «О мерах по дальнейшему развитию научно-технической базы в сфере сельскохозяйственного машиностроения», № ПП-3682 от 27 апреля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

**Степень изученности проблемы.** В мировой практике созданием нового состава твердого сплава и технологией получения твердосплавных зубьев для резцов, используемых в карьерных работах, а также научных исследований их свойств занимались G.C. Kreymer, H. Exner, J.A. Gurland, H. Holleck, S. Takeda, P. Rautala, J.T. Norton, M. Gruter, A.F. Guillermet, V.F. Funke, В.И. Konyashin, R.P. Herber, K. Nishigaki, H. Yoshimura, H. Doi, J.F. Zhao, T. Holland, C. Unuvar, Z.A. Munir, Г.В. Самонов, Я. С. Третьяков, В.А. Туманов, В.А. Ивенсен, М.Г. Лошак, В.С. Чистякова и другие.

В нашей республике по этому направлению проведены научно-исследовательские работы В.В. Чекурова, Р.М. Михриддинова, Ф.Р. Норхуджаева, С.Д. Нурмуродова, А.Х. Расулова, Н.Х. Бекмирзаева, Ш.М. Шакирова и ряда других ученых.

В этих научных работах в основном рассмотрены технологии получения мелкозернистых и особо мелкозернистых материалов для твердых сплавов с кобальтовыми или никель-молибденовыми связками. В этих работах не изучены вопросы получения твердосплавных материалов на основе крупнозернистого карбида вольфрама. В данной диссертационной работе подробно рассмотрены задачи по решению вышеуказанных научных проблем.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательской работы высшего учебного заведения.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планами научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета по договору ИОТ-2015-7-8 по теме: «Внедрение технологии производства инструментов из твёрдых сплавов, работающих в экстремальных условиях» (2015–2016гг.).

**Целью исследования** является разработка технологии изготовления твердосплавных зубьев на основе крупнозернистого карбида вольфрама для резцов, применяемых в карьерных работах, с высокими эксплуатационными свойствами, позволяющими эффективно разрушать калийно-солевых пород.

### **Задачи исследования:**

разработка технологий получения крупнозернистых порошков карбида вольфрама с равномерным распределением зернистости по размерам и с высокими физико-механическими и технологическими свойствами;

разработка технологий получения износостойких твердосплавных зубьев для резцов карьерных машин на основе крупнозернистого порошка карбида вольфрама;

разработка химического состава твердосплавных зубьев для резцов карьерных машин, позволяющего вести эффективное резание калийно-солевых пород;

повышение износостойкости твердосплавных зубьев в процессе резания солевых пород с заменой кобальтовых связей на кобальт-никелевые для твердых сплавов вольфрама карбида;

полученные на основе проведенных исследований твердосплавные зубья для резцов карьерных машин применить в калийно-солевых карьерах республики и повысить технико-экономические показатели их использования.

**Объектом исследования** являются тангенциальные резцы типа РС-14 (Дб.22), устанавливаемые на рабочих органах проходческо-очистных комбайнов модели «Урал-20КС» для разрушения калийно-солевых пород и их твердосплавные зубья, порошки вольфрама, кобальта, никеля и карбида вольфрама.

**Предметом исследования** являются порошковые смеси карбида вольфрама с кобальтом, карбида вольфрама с кобальт-никелем, прессованные и спеченные твердые сплавы на основе порошков крупнозернистого карбида вольфрама с кобальтовыми и кобальт-никелевыми связующими.

**Методы исследований.** В процессе исследования макро- и микроструктурные анализы порошковых твердых сплавов были проведены в металлографических микроскопах модели МБС-9, МИМ-8М и «Неофот-21», а для осуществления рентгеноструктурного анализа был использован рентгеновский дифрактометр Ультима-IV. При определении механических показателей образцов были использованы твердомеры ТК-2 и ПМТ-3, а также методы их применения.

### **Научная новизна исследования заключается в следующем:**

разработан твердосплавный состав из крупнозернистого карбида вольфрама с кобальт-никелевой связкой для резцов типа РС-14 на основе степени износа при процессе резания калийно-солевых пород;

разработана технология получения порошков крупнозернистого карбида вольфрама на основе продолжительности температурного процесса синтеза из чистых элементов и зернистости порошка вольфрама;

разработана технология изготовления вставных зубьев для резца РС-14 на основе ресурсосбережения при производстве твердых сплавов;

определено, что замена 11% кобальтовой связки в твердых сплавах с зернистостью карбида вольфрама 8...10 мкм на 11% (64%Co+36%Ni) кобальт-никелевая связка увеличивает износостойкость твердосплавных зубьев, при резании калийно-солевых пород, в среднем на 20...22%;

разработан новый химический состав 89%WC+7%Co+4%Ni твердого сплава для эффективного резания калийно-солевых пород со средней контактной прочностью  $P_k = 450...500$  МПа, предел прочности на сжатие  $\sigma_{сж} = 55...60$  МПа, абразивность по шкале Барон-Кузнецова  $a = 18...20$  мг.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработана технология получения крупнозернистых порошков карбида вольфрама с размерами зернистости от 6...8 до 10...12 мкм для изготовления твердосплавных материалов различного назначения;

разработана технология получения инструментальных материалов на основе крупнозернистого карбида вольфрама с различными формами и размерами;

разработан новый состав 89%WC+7%Co+4%Ni твердосплавного зуба на основе крупнозернистого карбида вольфрама для резцов карьерных машин, буровых долот, различных сверл и зенкеров, пластин металлообрабатывающих резцов.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследования обусловлена совпадением результатов решения конкретных задач, в которых показано хорошее совпадение результатов, полученных экспериментальным путем при исследовании физико-механических и эксплуатационных свойств с результатами, полученными физико-математическими решениями, а также при сопоставлении итогов экспериментов с данными макро- и микроструктурного анализа образцов твердого сплава на основе крупнозернистого карбида вольфрама.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследований обусловлена в установлении влияния температуры, времени выдержки технологического процесса и размера зернистости сырьевого порошка вольфрама на формирование размера и распределение по размерам зернистости порошка карбида вольфрама при его получении методом синтеза из чистых элементов.

Практическая значимость исследований обусловлена разработкой нового износостойкого состава твердого сплава на основе крупнозернистого карбида вольфрама и технологий изготовления зубьев для резцов горно-карьерных машин, позволяющего эффективно разрушать прочные и абразивные калийно-солевые породы.

**Внедрение результатов исследования.** На основании полученных результатов по разработке нового состава и технологии получения износостойких твердосплавных зубьев для карьерных машин:

внедрены резцы типа РС-14 с твердосплавными зубьями с составом из крупнозернистого (9...10 мкм) карбида вольфрама марки ВК11В в НПО по производству редких металлов и твердых сплавов АО «Алмалыкский ГМК»

(справка № 1527 НПО по производству редких металлов и твердых сплавов АО «Алмалыкский ГМК» от 22 октября 2020 года). В результате внедрения увеличилась производительность добычи каменных калийно-солевых руд в 1,13...1,15 раза;

внедрена технология получения порошков крупнозернистого карбида вольфрама в «НПО по производству редких металлов и твердых сплавов Алмалыкский ГМК» (справка № 1527 АО «Алмалыкский ГМК» от 22 октября 2020 года). В результате чего сокращены затраты энергии на выпуск готовой продукции в 1,12...1,13 раза;

внедрена технология изготовления вставных зубьев для резца РС-14 в «НПО по производству редких металлов и твердых сплавов Алмалыкский ГМК» (справка № 1527 АО «Алмалыкский ГМК» от 22 октября 2020 года). В результате снижена себестоимость резцов на 10...15%.

**Апробация результатов исследования.** Результаты диссертации обсуждены в 5-ти международных и 4-х республиканских научно-практических конференциях и симпозиумах.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано всего 18 научных работ, в том числе 2 статьи в зарубежном журнале, 5 статей в журналах, рекомендованных к опубликованию основных научных результатов докторских диссертаций ВАК Республики Узбекистан (республиканские журналы) и одна монография в соавторстве.

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

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обоснованы актуальность и востребованность исследования, сформулированы цели и задачи исследования, охарактеризованы объект и предмет исследования, определено соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологии республики, изложены научная новизна и практические результаты, раскрыты научная и практическая значимость полученных результатов, обоснована надежность полученных результатов, приведены основные результаты внедрения исследовательских работ и апробации, также приведены сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Современное состояние проблем создания резцов для резания соляных пород**» проведен анализ принципа работы комбайнов в соляных карьерах, рассмотрены типы и конструкция резцов, применяемых в комбайнах, траектория движения резца при резании соляных пород, действующие нагрузки на резец, физико-механические свойства материалов, применяемых для изготовления державки и зубьев резца, а также современное состояние проблем по их созданию.

Результаты проведенного анализа данных зарубежных стран и стран СНГ по созданию новых марок твердых сплавов для изготовления вставных

зубьев резцов, применяемых в горно-карьерных комбайнах и их эксплуатационных свойств, показали, что для осуществления эффективного резания калийных солевых пород с помощью резцов, вставные зубцы резцов целесообразно изготовить из твердого сплава на основе крупнозернистого карбида вольфрама. Кроме этого, в главе изучены и проанализированы результаты исследовательских работ, проведенных зарубежными и республиканскими учёными по разработке технологии получения крупнозернистых порошков карбида вольфрама.

Во второй главе диссертации **«Выбор объектов и методология исследования физико-механических свойств твердых сплавов»** приведены выбор объекта исследования, сырьевые порошковые материалы для получения твердых сплавов на основе WC и их основные свойства, а также представлены сведения по использованию современных методов и аппаратуры для исследования физико-механических свойств твердых сплавов на основе WC.

Для получения крупнозернистых порошков WC выбран порошок вольфрама со средним размером зерна 8,50...10,5 мкм, марки W9,5 и никелевы порошок марки ПНК-УТ1 для повышения физико-механических свойств WC+Co твердых сплавов.

В диссертационной работе применены современные теоретические и экспериментальные методы исследования: структурно-фазовый состав образцов порошка WC на рентгеновском дифрактометре Ultima IV – (XRD), макро- и микроструктура на микроскопах «НЕОРНОТ-21» (Германия) МИМ-8, а также на макроустановках марки МБС-9.

Исходя из эксплуатационных условий работы резцов в карьерах были разработаны метод и установка для испытания на износостойкость зубьев резца типа РС-14 на базе строгального станка модели 730 ТД.

Третья глава диссертации **«Разработка технологии получения крупнозернистых порошков карбида вольфрама»** посвящена анализу основ теории карбидизации порошка вольфрама с сажей и результатам исследований: разработке технологии получения крупнозернистых порошков карбида вольфрама методом синтеза из чистых элементов, состоящих из смеси порошков сажи и вольфрама, влияния температуры и продолжительности времени технологического процесса на структурно-фазовый состав, зернистость, размер и форму зерна порошка WC, а также исследованию влияния на содержание связанного и свободного углерода в карбиде вольфрама.

Расчетами показано, что при стационарной диффузии углерода из газовой фазы в вольфрамовую частицу размером 10 мкм при температуре процесса 1900°C диффузионный поток углерода составляет  $6,01 \cdot 10^{-11}$  г/(см<sup>2</sup>·с), при увеличении температуры до 2500°C диффузионный поток углерода в вольфраме увеличивается в 1339 раза и составляет  $4,15 \cdot 10^{-8}$  г/(см<sup>2</sup>·с).

Также показано, что при нестационарной диффузии углерода в вольфрам при температуре процесса 1900°C время для полной карбидизации частицы размером 10 мкм с образованием высшей фазы WC, составляет 3,206 с.

При расчете диффузионного потока для стационарной диффузии углерода в вольфрам была использована формула первого закона Фика для сферических поверхностей:

$$J = 4\pi D(C_A - C_B) \cdot \frac{r_B r_A}{r_B - r_A}, \quad (3.5)$$

где  $J$  – диффузионный поток, г/(см<sup>2</sup>·с);

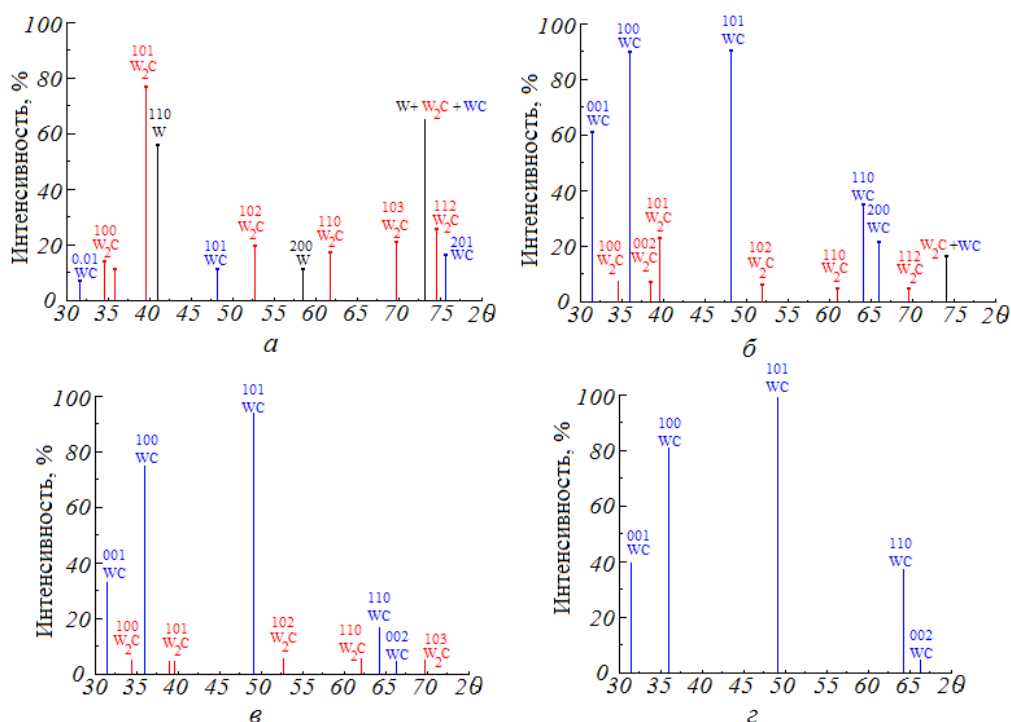
$D$  – коэффициент диффузии углерода в вольфрам, см<sup>2</sup>/с;

$C_A$  – концентрация углерода в наружной поверхности частицы вольфрама, точка А, %;

$C_B$  – концентрация углерода внутри частицы вольфрама, точка В, %;

$r_A$  и  $r_B$  – соответствующие координаты точки в частице вольфрама, см.

Рентгеноструктурно-фазовый анализ образцов смеси порошков вольфрама и сажи, прошедших процесс карбидизации при различных температурах 1900, 2000, 2100, 2200 °С и одинаковой продолжительности времени показал, что образец, прошедший процесс карбидизации при температуре 2200 °С и времени выдержки в течение 2 часов, целиком состоит из WC фазы, при этом времени продолжительности процесса для полного насыщения 6,13% углеродом WC- фазы оказалось недостаточно (рис. 1).



а – 1900 °С; б – 2000 °С; в – 2100 °С; д – 2200 °С;

Рис. 1. Штрих-диаграмма дифрактограммы карбидизированных образцов в течение 2 часов и при различных температурах

Рентгеноструктурно-фазовый анализ образцов смеси порошков вольфрама и сажи, прошедших карбидизацию при различной выдержке

времени: 3, 4, 5, 6 ч. и при одинаковой температуре процесса 2200 °С показал, что при температуре 2200 °С в течение 4 часов WC – фаза насыщается 6,13% углеродом, и при дальнейшем времени выдержки процесса до 5 и 6 часов карбидизации содержание углерода в WC – фазе не меняется (табл. 1).

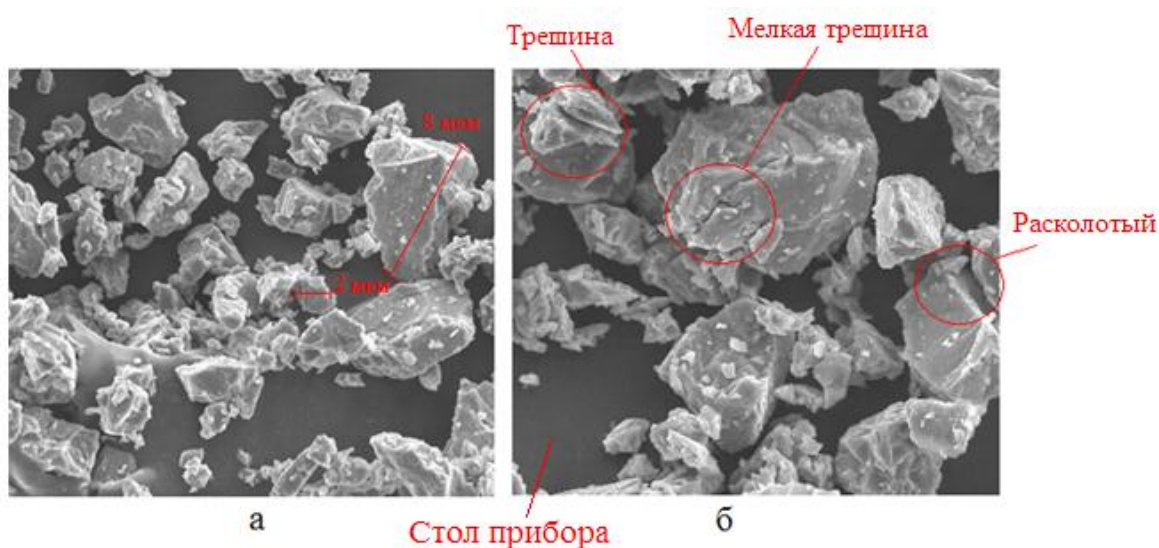
**Таблица 1**

**Результаты анализа содержания углерода в карбидизированных образцах при температуре 2200 °С и течение различного времени процесса**

Состояние углерода	Содержание углерода (%) при различном времени процесса, ч			
	3	4	5	6
$C_{св}$ – связанный углерод	6,0	6,12	6,12	6,12
$C_{свб}$ – свободный углерод	0,13	0,03	0,03	0,03
$C_{св} + C_{свб}$	6,13	6,15	6,15	6,15

Результатом исследования влияния продолжительности времени процесса карбидизации на зернистость, размер и форму частиц порошка WC установлено, что в зависимости от начальной зернистости порошка вольфрама и продолжительности времени процесса карбидизации, зернистость WC формируется следующим образом:

- в течение 3...4 часов времени карбидизации из-за внутренних напряжений, возникающих в результате кристаллических преобразований, происходящих в частицах вольфрама, происходит растрескивание крупных ( $d \geq 8$  мкм) частиц на мелкие размерами 1...6 мкм (рис. 2).

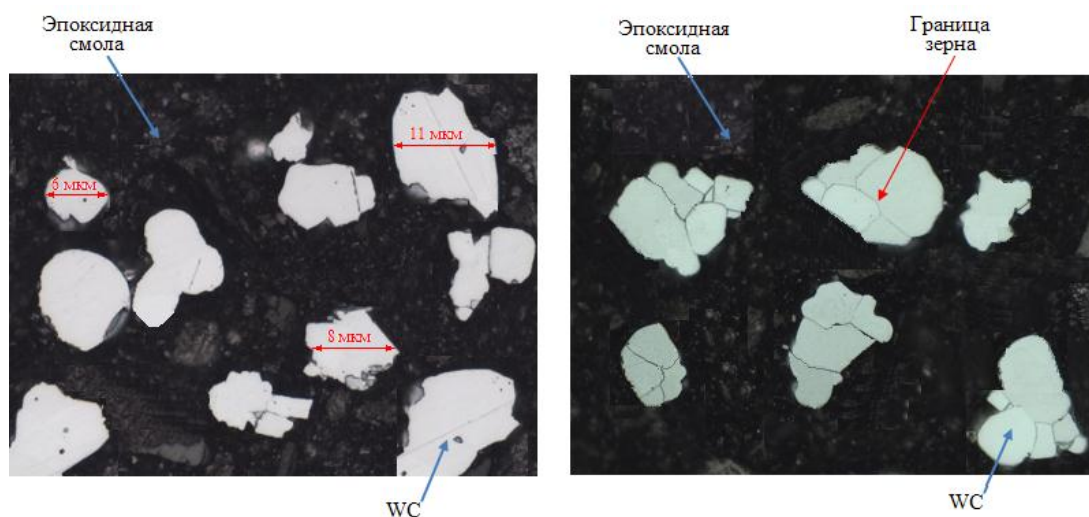


**а – х2000; б – х3000**

**Рис. 2. Снимок порошков образца, карбидизированных при температуре 2200 °С и при выдержке в течение 4 часов**



- в течение 4...5 часов процесса карбидизации происходит спекание частиц карбида вольфрама с размерами 7...8 мкм с частицами 1...3 мкм, в результате образуются более крупные частицы размерами 9...12 мкм (рис. 3).



а – не травленный и б – травленный

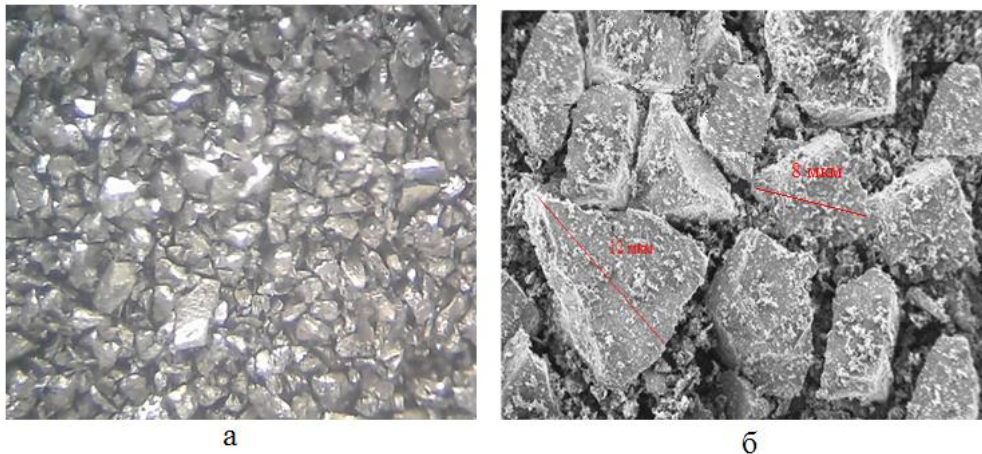
**Рис. 3. Микроструктура частиц, карбидизированных при температуре 2200 °С в течение 6 часов**

- в течение 5...6 часов процесса карбидизации происходит твердофазное спекание всех частиц карбида вольфрама друг с другом, в результате этого образуются прочные пористые блоки из частиц карбида вольфрама (рис. 4).



**Рис. 4. Снимок карбидизированных образцов при температуре 2200 °С в течение 6 часов**

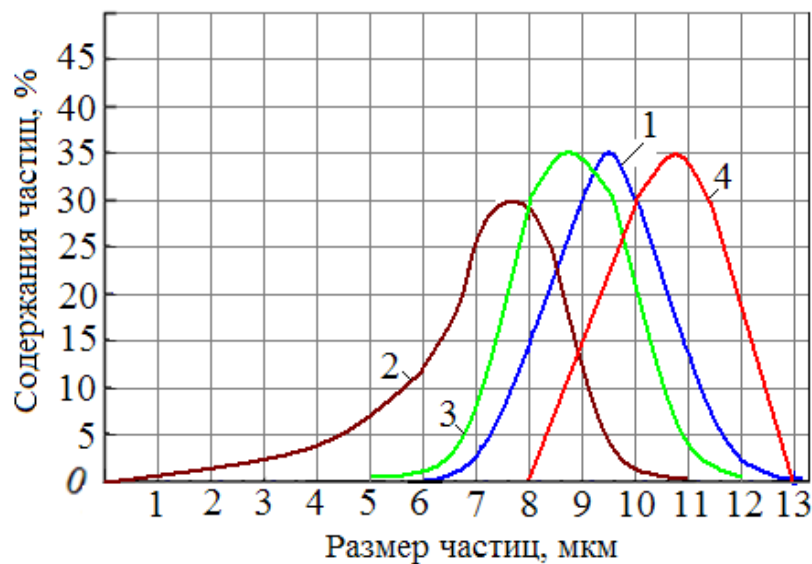
- в зависимости продолжительности времени процесса карбидизации, форма частицы порошка карбида вольфрама меняется от осколькоатой до кругловатой (рис. 5).



а – х800; б – х3000

Рис. 5. Снимок порошка карбидизированных образцов при температуре 2200 °С, в течение 6 часов

На рис. 6 представлена динамика формирования зернистости порошка карбида вольфрама, полученного в результате исследования зернистости порошковых образцов, прошедших карбидизацию при температуре 2200 °С и при различном времени выдержки.



1 – начало; 2 – после 4 ч; 3 – после 5 ч; 4 – после 6 ч выдержке

Рис. 6. Динамика формирования зернистости порошка карбида вольфрама при температуре 2200 °С и при различном времени выдержки.

Результаты анализов микротвердости частиц карбидизированных порошковых образцов при различном времени выдержки и температуре 2200 °С показали, что микротвердость частиц образцов, карбидизированных в течение до 4 часов выше, чем микротвердость частиц карбидизированных образцов в течение 5 и 6 часов (табл. 2).

По результатам проведенных исследований была разработана технология получения порошков карбида вольфрама с зернистостью 5...7, 7...10 и 9...12 мкм из вольфрамового порошка марки W9,5 методом синтеза из чистых элементов (табл. 3).

Таблица 2

**Микротвердость частиц карбидизированных порошковых образцов при различном времени выдержки и температуре 2200 °С**

Размер частиц, мкм	Нагрузка, гр	Время карбидизации, ч		
		4	5	6
		Микротвердость, Гпа		
8...10	50	23,856	23,536	23,476

Таблица 3

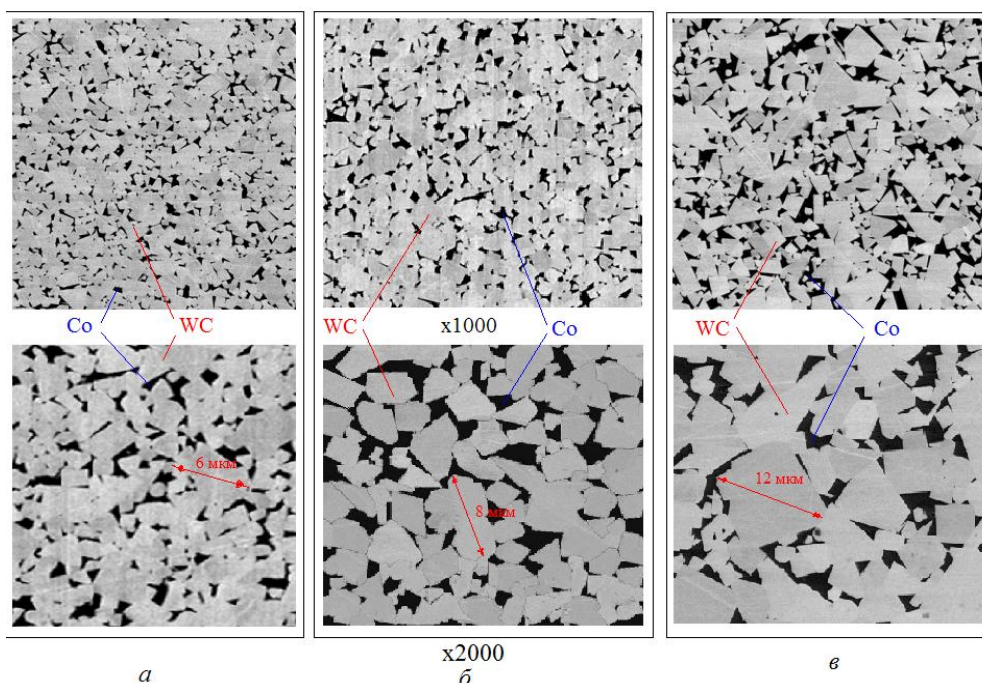
**Технология получения карбида вольфрама из порошка W9,5 методом синтеза из чистых элементов**

Зернистость, WC, мкм	Печь	Температура °С	Среда и его расход, м <sup>3</sup> /ч	Выдержка, ч	Производительность, кг/смена
5...8	Графит ПГТ-60/2	2200	Н <sub>2</sub> , 1	4	32
8...10				5	25
11...12				6	20

Четвертая глава диссертации «**Разработка состава твердого сплава на основе карбида вольфрама для эффективного резания солевых пород**» посвящена разработке получения твердых сплавов на основе крупнозернистого карбида вольфрама, исследованию влияния зернистости порошка WC на структуру, физико-механические свойства и на износостойкость твердых сплавов. Также это глава посвящена результатам проведенных апробаций разработанных резцов в солевых карьерах, а также определению технико-экономических показателей применения их в карьерах.

Одним из основных показателей, определяющих качество твердых сплавов, полученных методом порошковой металлургии, является величина остаточной пористости в материале, образующейся при его получении. Поэтому в диссертационной работе остаточную пористость полученных образцов твердых сплавов исследовали на автоматическом анализаторе SIAVS 700<sup>TH</sup>, а микроструктура образцов исследована на микроскопе «NEOPHOT-21» при x1000, x2000 - кратном увеличении травленных и нетравленных шлифов.

Микроструктурный анализ образцов показал, что в твердосплавных образцах частицы порошка WC ( $\beta$  – фаза) равномерно распределены по всей поверхности шлифа, при процессе спекания кобальт ( $\gamma$  – фаза) равномерно распределен между частицами WC, на поверхности шлифов не обнаружено мелких трещин или пористости размером более 7 мкм. Кроме этого, на поверхности шлифов не обнаружено свободного углерода. На поверхности шлифов содержание пористости размером меньше 7 мкм составляет лишь 0,20%, а это означает, что полученные образцы качественные (рис. 7).

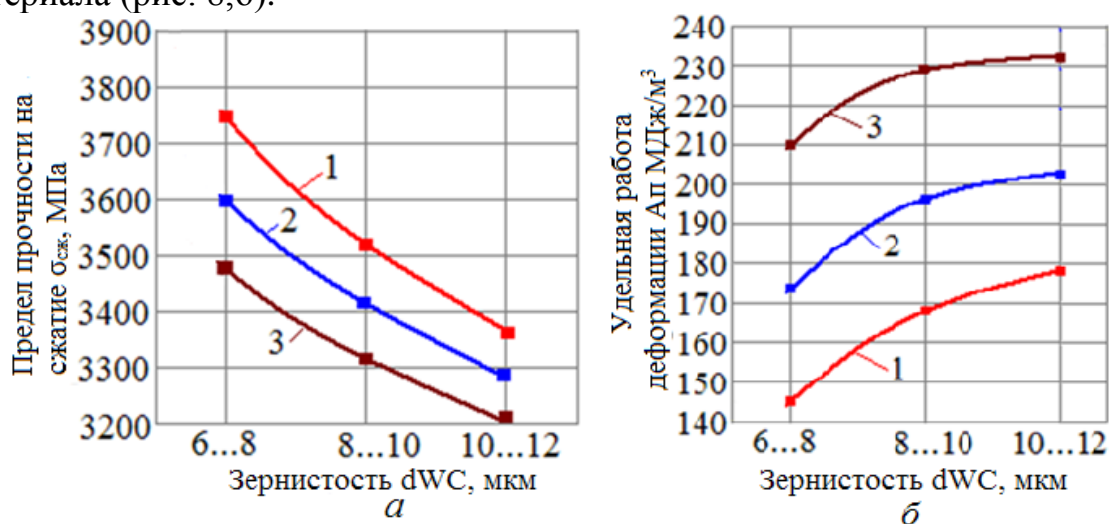


$d_{WC}$  зернистость, мкм: а – 6...8, б – 8...10, в – 10...12

Рис. 7. Травленная микроструктура 89%WC+11%Co твердосплавного образца

Результаты исследования влияния зернистости порошка вольфрама карбида на физико-механические свойства твердых сплавов показали, что при увеличении зернистости порошка WC от 6...8 до 10...12 мкм снижается твердость твердосплавных WC+Co образцов на 3%, предел прочности при поперечном изгибе на 10%, предел прочности на сжатие на 9% и предел текучести - на 10%. При этом установлен предел увеличения пластичности и удельная пластической деформации материала на 20...25%.

Установлено, что рост пластичности материала за счет увеличения зернистости твердосплавных WC+Co образцов оказывает большее влияние на величину работы разрушения, чем снижение статической прочности материала (рис. 8,б).

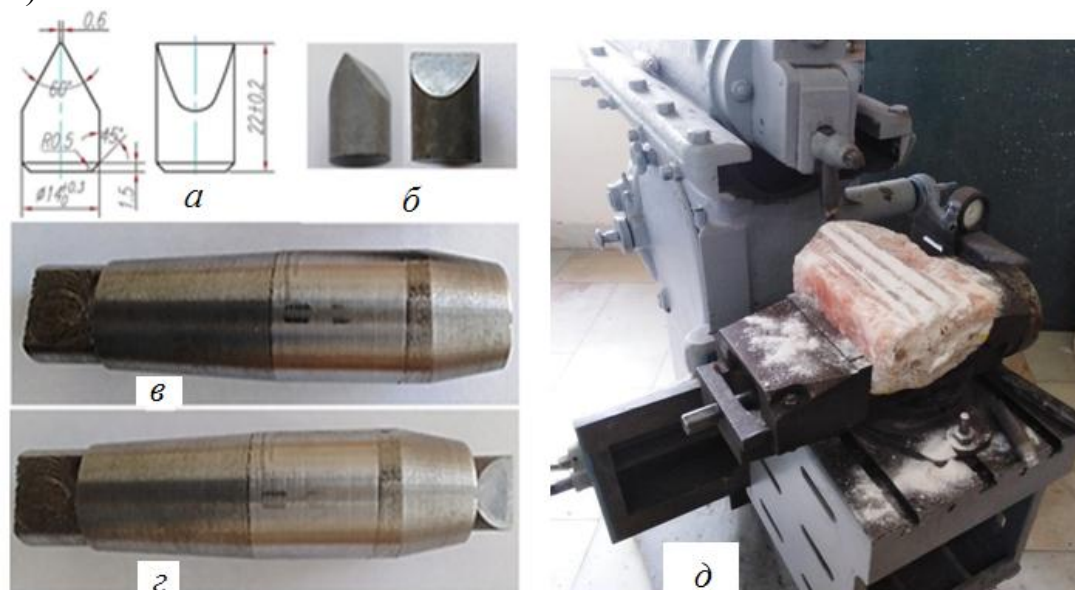


1 – 92%WC+8%Co; 2 – 90%WC+10Co; 3 – 89%WC+11Co

Рис. 8. Зависимость (а) предела прочности при сжатии и (б) удельная работа деформации твердосплавных образцов от размера зернистости  $d_{WC}$  порошка карбида вольфрама



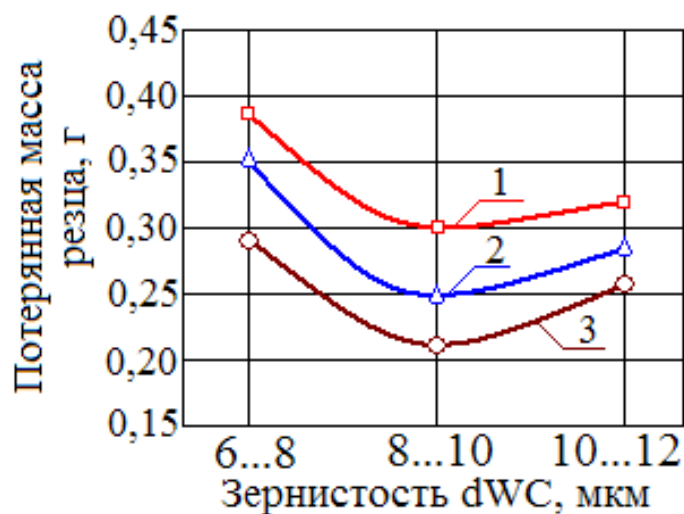
Испытания на износостойкость резцов при резании солевых пород были проведены на специальной установке, разработанной на базе строгального станка модели 730 ТД, строганием солевых блоков, предоставленных специалистами АО «Дехканободский калийный завод» (рис. 9).



а – чертеж зуба; б – зубы; в – державка резца; г – резец; д – резец и блок

Рис. 9. Испытание на износостойкость резца РС-14

Результатами проведенных испытаний на износостойкость резцов установлено, что при увеличении зернистости WC в твердосплавных WC+Co образцах износостойкость меняется не однозначно. При этом самым износостойким образцом оказался твердосплавный WC+Co образец с зернистостью WC 8...10 мкм (рис. 10).

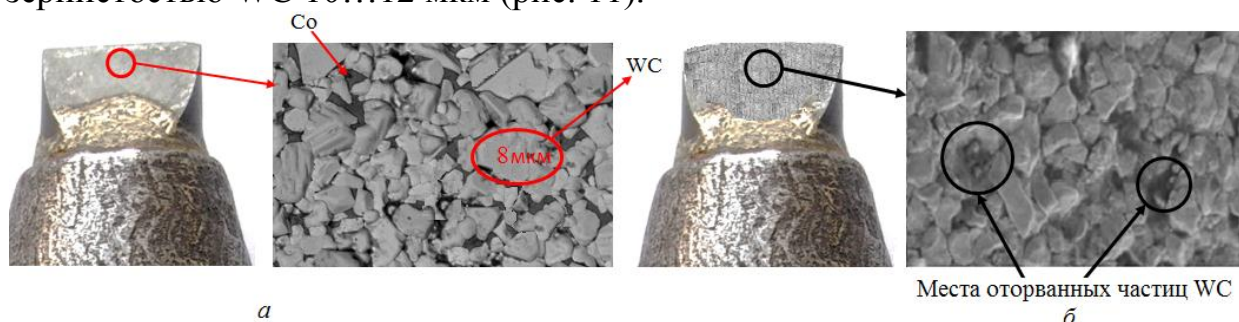


1 – 92%WC+8Co; 2 – 90%WC+10%Co; 3 – 89%WC+11%Co

Рис. 10. График зависимости износостойкости твердосплавных WC+Co образцов от зернистости WC и содержания кобальта (а = 18...20 мг)

Микроструктурный анализ поверхности образцов всех видов показал, что в некоторых местах изношенной поверхности зубьев частицы WC оторваны или поломаны. При этом на каждую 0,01 см<sup>2</sup> поверхности твердосплавного образца составом 89%WC+11%Co и зернистостью WC 10...12 мкм приходится 3...4 шт оторванных частиц, а у остальных образцов она составляет в среднем 1...2 шт на каждые 0,01 см<sup>2</sup> поверхности.

Полученные результаты показали, что увеличение зернистости WC от 8...10 до 10...12 мкм в твёрдосплавных образцах способствовало увеличению контактной площади взаимодействия между калийной солевой породой с кобальтовой основой твердого сплава, вследствие этого увеличивается абразивный износ кобальтовой основы, приводящий к выпадению частиц WC из твердосплавного WC+Co образца. Поэтому у образцов WC+Co с зернистостью WC 10...12 мкм интенсивность износа выше, чем у образцов с зернистостью WC 8...10 мкм (рис. 11).



а – до и б – после испытания

**Рис. 11. Поверхность износа зубьев и его микроструктура твердосплавных WC+Co образцов с составом 92%WC+8%Co и  $d_{WC}$  зернистостью 10...12 мкм**

Результаты проведенных исследований показали, что для более эффективного резания калийных солевых пород с зубьями, изготовленными из крупнозернистого карбида вольфрама, необходимо повысить физико-механические свойства кобальтовой основы твердого сплава.

Анализ способов упрочнения кобальтовой основы твердых сплавов показал, что более подходящим методом упрочнения кобальтовой основы твердых сплавов системы WC+Co оказалось легирование кобальта различными элементами. Самым подходящим легирующим элементом для кобальтовой основы твердых сплавов оказались никель и сплавы никеля с кобальтом, так как никель полностью смачивает частицы карбида вольфрама и не образует с ним химические соединения и не растворяет его.

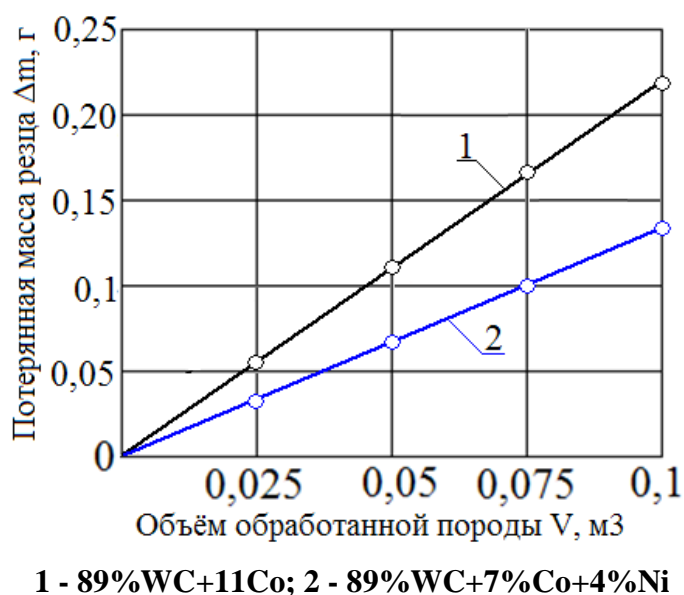
Для определения зависимости физико-механических свойств и износостойкости твердых сплавов от содержания никеля были изготовлены твердосплавные WC+(Co+Ni) образцы с различным

содержанием кобальт-никелевой связки: 9%Co+2%Ni, 8%Co+3%Ni, 7%Co+4%Ni с зернистостью WC 8...10 мкм.

Полученными результатами установлено, что при соотношении 2:1 кобальт-никелевой связки с WC в твердых сплавах повышаются пластичность, прочность при сжатии и растяжении материала на 5...13%, удельная работа деформации на 15...25%.

Для испытания на износостойкость были изготовлены твердосплавные зубцы с наиболее высоким уровнем удельной работы деформации (89%WC+7%Co+4%Ni, с зернистостью WC 8...10 мкм). Испытания проводились резанием калийно-соляного блока с абразивностью по шкале Барон-Кузнецова  $a = 18...20$  мг.

Результаты проведенных испытаний показали, что износостойкость зуба, изготовленного из состава 89%WC+7%Co+4%Ni твердого сплава, на 20...22% выше, чем износостойкость зуба, изготовленного из состава 89%WC+11%Co твердого сплава (рис. 12).



1 - 89%WC+11Co; 2 - 89%WC+7%Co+4%Ni  
Рис. 12. График зависимости износостойкости твердосплавных зубьев от их состава с зернистостью  $d_{wc}$  8...10 мкм ( $a = 18...20$  мг)

Для исследования работоспособности разработанного на основе проведенных исследований 89%WC+7%Co+4%Ni состава в реальных эксплуатационных условиях были изготовлены твердосплавные зубья для резцов типа РС-14. Исследования были проведены на калийном солевом карьере, принадлежащем предприятию АО «Дехканободский калийный завод». Для этого резцы устанавливали на рабочие органы проходческо-очистных комбайнов модели «Урал-20КС» и апробация проводилась резанием калийно-солевых пород установленными резцами (рис. 13).



а – нижний; б – верхний

**Рис. 13. Расположение резцов РК-14 на рабочих органах проходческо-очистного комбайна модели «Урал-20КС»**

В процессе апробации сравнивались эксплуатационные характеристики опытных резцов РК-14 с зубьями, изготовленными из крупнозернистого твердого сплава состава  $89\%WC+7\%Co+4\%Ni$  и серийных резцов РК-14, с зубьями, изготовленными из марки ВК11КС используемых в настоящее время в калийно-солевых карьерах АО «Дехканободский калийный завод».

По результатам проведенных апробаций, комбайн с опытными резцами РК-14, с зубьями, изготовленными из крупнозернистого твердого сплава состава  $89\%WC+7\%Co+4\%Ni$ , обработал калийно-солевую шахту протяженностью 30 м. В процессе работы комбайн 6 раз останавливался для замены изношенных резцов на новые, при этом была заменена 21 шт резцов на новые.

**Таблица 4**

**Сравнение эксплуатационных характеристик резцов**

Эксплуатационные характеристики	Используемые в настоящее время	Экспериментальная установка
Материал зуба резца	ВК11КС	$89\%WC+7\%Co+4\%Ni$
Протяженность пробуренной шахты, м	30	30
Количество остановки комбайна, раз	9	6
Расход времени для замены резцов, минуты	88	55
Число замененных резцов, шт	29	21
Количество расхода резцов, шт/м <sup>3</sup>	0,091	0,065

Внедрение резцов с зубьями, изготовленными из разработанного  $89\%WC+7\%Co+4\%Ni$  (ВК11В) состава твердого сплава с заменой резцов, марки ВК11КС, используемых на калийно-солевых карьерах АО



«Дехканободский калийный завод», позволило получить экономический эффект на сумму 0,4 млн сум (акт внедрения НПО по производству редких металлов и твердых сплавов АО «Алмалыкский ГМК» 2020 г.).

С целью расширения области применения разработанного 89%WC+7%Co+4%Ni твердосплавного состава совместно с предприятием ООА «TURON ABRASIVE» были изготовлены твердосплавные образцы зубьев сверл и вставки бетоноразрушающих клиньев, используемых в перфораторах и проведены их испытания.

Результаты испытания показали, что твердосплавные зубья сверл, изготовленных из разработанного 89%WC+7%Co+4%Ni состава в отличие от зубьев сверл и вставки бетоноразрушающих клиньев, изготовленных из марки ВК8 твердого сплава имеют 15...20% больший рабочий ресурс.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработан твердосплавный состав из крупнозернистого карбида вольфрама с кобальт-никелевой связкой для резцов типа РС-14 на основе степени износа при процессе резания калийно-солевых пород.

2. Разработана технология получения порошков крупнозернистого карбида вольфрама на основе продолжительности температурного процесса синтеза из чистых элементов и зернистости порошка вольфрама

3. Разработана технология изготовления вставных зубьев для резца РС-14 по ресурсосбережению при производстве твердых сплавов.

4. Определено, что эффективность процесса резания калийно-солевых пород резцами с твердосплавными зубьями на основе карбида вольфрама в основном определяется ресурсом пластической деформации твердосплавного зубного материала.

5. Определено, что в процессе резания калийно-солевых пород с твердосплавными зубьями, изготовленными из крупнозернистого порошка WC с кобальтовой связкой, износ инструмента происходит в результате истирания кобальтовой основы абразивными частицами, находящимися в породе.

6. Определено, что замена 11% кобальтовой связки в твердых сплавах с зернистостью карбида вольфрама 8...10 мкм на 11% (64%Co+36%Ni) кобальт-никелевая связка увеличивает износостойкость твердосплавных зубьев при резании калийно-солевых пород в среднем на 20...22%;

7. Разработан новый химический состав 89%WC+7%Co+4%Ni твердого сплава на основе физико-механических и эксплуатационных свойств для эффективного резания калийных солевых пород, со средней контактной прочностью  $P_k = 450...500$  МПа, предел прочности на сжатие  $\sigma_{сж} = 55...60$  МПа, абразивность по шкале Барон-Кузнецова  $a = 18...20$  мг.

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

---

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

**ALLANAZAROV AKMAL ABDULKHAQOVICH**

**DEVELOPMENT OF NEW COMPOSITION AND TECHNOLOGY OF  
PRODUCTION OF CUTTERS FOR SALT PIT MACHINES**

**05.02.01-Materials science in mechanical engineering. Foundry. Heat treatment and metal forming. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals. Technology of rare, valuable and radioactive elements (in the direction of foundry and metal processing technologies)**

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

**Tashkent – 2021**

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 B2018.1.PhD/T592.

The doctoral dissertation is made in the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (abstract)) on the website ([www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz)) and on the Information of the Educational Portal "ZiyoNet" ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Scientific supervisor:** **Nurmurodov Salokhiddin Dusmurodovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:** **Ziyamukhamedova Umida Alijonovna**  
doctor of technical sciences, professor

**Abdurakhmonov Khusniddin Zakirkhanovich**  
doctor of philosophy in technical sciences


**Leading organization:** **Navoi State Mining Institute**

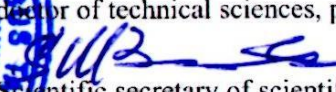
The defense will take place «18» may 2021 y at 14<sup>00</sup> at the meeting of scientific council DSc.03/30.12.2019.T.03.04 at Tashkent State Technical University located at 2, University street, Tashkent, 100095. Tel./Fax: (99871) 227-10-32, E-mail: [tadqiqotchi@tdtu.uz](mailto:tadqiqotchi@tdtu.uz).

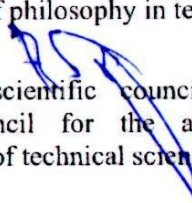
The dissertation can be reviewed at the Information and Resource Center of Tashkent State University (registration number 205). (Address: 100095, st. University 2, Tashkent Tel./Fax: (99871) 246-46-00).

Abstract of dissertation sent out on «5» may 2021 y.  
(mailing report № 122 on «5» may 2021 y).



  
**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 in technical sciences

  
**F.S.Abdullaev**  
Chairman of scientific council seminar at the  
Scientific Council for the awarding academic  
degrees, doctor of technical sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The purpose of this study:** is to develop a technology for the preparation of hard-alloy teeth based on coarse-grained tungsten carbide with high performance properties, which effectively breaks down potassium salt rocks for cutting cutters used in mining.

### **Tasks of the research:**

development of technology for the production of tungsten carbide powder with high physical-mechanical and technological properties and evenly distributed large-grained granules;

development of technology for obtaining corrosion-resistant hard alloy teeth based on coarse-grained tungsten carbide powder for cutting machines;

development of a new chemical composition of the hard alloy for mining machine cutters, which provides efficient cutting of hard alloy teeth potassium salt rocks;

increase the abrasion resistance of the hard alloy in the cutting of salt rocks on the basis of replacement of the cobalt binder in the solid alloy of tungsten carbide with the cobalt-nickel binder;

application of hard alloy teeth obtained on the basis of research results for mining machine cutters in potassium salt deposits of the republic and increase of technical and economic indicators of their application;

**The object of research** is the tangential cutters of PC-14 (D6.22) type and their hard alloy teeth, tungsten, cobalt, nickel, which are installed on the working body of Ural-20KC cleaning combines for crushing of potassium salt rocks and tungsten carbide powder.

**The subject of research** is technologies for obtaining cobalt with tungsten carbide, a mixture of tungsten carbide with cobalt-nickel powder, large-grained tungsten carbide-based pressed and heated hard alloys with cobalt and cobalt-nickel binders.

**Methods of research,** The research used analytical methods for studying the quantitative characteristics of the obtained alloy - macro and microstructure of solid alloy materials from MBC-9, MIM-8M and Neofot-21 metallographic microscopes, Ultima IV-X-ray diffractometer for X-ray diffraction analysis, TK-2 in determining the mechanical properties of the sample and PMT-3 equipment as well as their application methods.

### **Scientific novelty of research:**

the composition of the cobalt-nickel-bonded hard alloy for PC-14 type cutters from coarse-grained tungsten carbide powder was developed according to the amount of erosion during the cutting process of potassium salt rocks;

the technology of obtaining large-grain tungsten carbide is developed according to the temperature, duration and granularity of tungsten carbide powder synthesis from elements;

The production technology of PC-14 type cutting teeth is developed on the resource-saving of hard alloys;

Potassium salt of solid alloy based on replacement of 11% cobalt binder in solid alloy with tungsten carbide granularity 8 ... 10  $\mu\text{m}$  to 11% (64% Co + 36% Ni) cobalt-nickel binder developed a technology that provides an average increase in wear resistance at cutting of rocks by 20 ... 22%;

The chemical composition of the new 89% WC + 7% Co + 4% Ni solid alloy, which effectively cuts potassium salt rocks on average contact strength  $P_k = 450 \dots 500$  MPa, compressive strength limit  $\sigma_{SJ} = 55 \dots 60$  MPa, abrasion rate  $a = 18 \dots 20$  mg on the Baron-Kuznesov scale, was developed based on the physico-mechanical and operational properties of the solid alloy.

**Implementation of research results.** Based on the results of the development of a new corrosion-resistant composition for mining machine cutters and technology for the extraction of hard alloy teeth:

Large-grained (9 ... 10  $\mu\text{m}$ ) tungsten carbide BK11B hard alloy gear cutter PC-14 type was introduced in the "Scientific Production Association for the production of rare metals and hard alloys under the Almalyk MMC" ("Reference of JSC "Almalyk MMC" dated October 22, 2020 №. 1527). As a result, the productivity of potassium and rock salt ores was increased by 1.3 ... 1.5 times;

The technology of obtaining large-scale tungsten carbide is introduced in the "Scientific Production Association for the production of rare metals and hard alloys under the Almalyk MMC" (reference of JSC "Almalyk MMC" dated October 22, 2020, №1527). As a result, energy consumption in the production of the product was reduced by 1.12 ... 1.13 times;

The technology for the production of cutting teeth type PC-14 is introduced in the "Scientific Production Association for the production of rare metals and hard alloys under the Almalyk MMC" (reference of JSC "Almalyk MMC" dated October 22, 2020 №1527). As a result, the cost of production of the cutter was reduced by 10 ... 15%.

**The structure and scope of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 120 pages.



**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I-бўлим (I-часть; I-part)**

1. Расулов А.Х., Нурмуродов С.Д., Алланазаров А.А. Технологии производства твердосплавных формообразующих инструментов методом порошковой металлургии. Монография. – Ташкент: НУУз им М.Улугбека, 2020.-128 с.

2. Rasulov A.Kh., Nurmurodov S.D., Allanazarov A.A. Study of Morphology and Dimensions of Ultra Dispersed Powders of Tungsten by Crystal-Optical Method of Discharge. TEST Engineering and Managment. Article Info Volume 83 Page Number: 844 – 848 Publication Issue: March - April 2020. (Scopus; №3).

3. Rasulov A.Kh., Nurmurodov S.D., Allanazarov A.A., Pardaev T.U. Influence of structural –textural features of turbo –alloy products using tungsten treatment on their strength properties. TECHNICAL SCIENCE AND INNOVATION, Tashkent, №1/2020 pp 178-186. (05.00.00; №6).

4. Rasulov A.Kh., Allanazarov A.A., Rasulova Sh.A. Manufacturing of Forming Tools with the Combination of Strength and Plasticity by Using Powders of Fused Metals Working in Extreme Conditions. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 6, Issue 4, April 2019. IJARSET. Page Number: 8838 – 8843. (05.00.00; №8).

5. Rasulov A.Kh., Allanazarov A.A. Technology of production of carbide alloy plates for the cutting part of cutters type PC-14 surface-cleaning combines for drilling potassium ore. TECHNICAL SCIENCE AND INNOVATION, Tashkent, №3/2020 pp 251-257. (05.00.00; №6).

6. Алланазаров А.А. Многокомпонентный сплав на основе молибдена и карбида титана.// Композиционные материалы, 2017. №4. – С. 72-74. (05.00.00; №13).

7. Алланазаров А.А., Расулов А.Х., Нормуродов У.Э. Внедрение технологии производства композиционных инструментальных сверхтвердых материалов.// Композиционные материалы, 2019. №3. – С. 58-62. (05.00.00; №13).

8. Нурмуродов С.Д., Расулов А.Х., Алланазаров А.А. Оғир шароитда ишлайдиган қаттиқ қотишма ва нитрид бор асосида композитлар.// Kompozitsion materiallar, 3/2018. 102-103 б. (05.00.00; №13).

**II-бўлим (II-часть; II-part)**

9. Алланазаров А.А., Джалолова С.Т. Металл юзасига киздириб ёпиштирилган кукун прессланиб, зичланиш кинетикасини тадқиқот қилиш.// Техника юлдузлари, 1-2/2013. 109-112 б.

10. Алланазаров А.А. 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.

11. Нурмуродов С.Д., Пардаева Г.Т., Алланазаров А.А. Плазмахимическая технология получения высокодисперсных порошков вольфрама.// Проблемы взаимодействия науки и общества. Сборник статей Международной научно-практической конференции 5 февраля 2018 г. Часть 1. Новосибирск НИЦ АЭТЕРНА. 52-55 с.

12. Нурмуродов С.Д., Расулов А.Х., Алланазаров А.А., Нормуродов У.Э. Инструментальные сверхтвердые композиционные материалы.// SCIENCE, RESEARCH, DEVELOPMENT #16 Barcelona 29.04.2019-30.04.2019 305-307 с.

13. Нурмуродов С.Д., Расулов А.Х., Алланазаров А.А. Разработка технология изготовления формообразующих инструментов с использованием высокодисперсных порошков тугоплавких металлов.// Республиканской научно-технической конференции «Ресурсо и энергосберегающие, экологически безвредные композиционные и нанокоспозиционные материалы» 25-26 апреля 2019г. Ташкент. 138-140 с.

14. Нурмуродов С.Д., Алланазаров А.А., Нормуродов У.Э. Восстановления изношенных рабочих поверхностей инструментов.// Республиканской научно-технической конференции «Ресурсо и энергосберегающие, экологически безвредные композиционные и нанокоспозиционные материалы» 25-26 апреля 2019г. Ташкент. 136-137 с.

15. Нормуродов У.Э., Алланазаров А.А. Технологии изготовления твердосплавного, формообразующего оборудования. Республика жанубида транспорт-йўл комплексини ривожлантириш истиқболлари республика илмий – техникавий анжумани 30-31 март Термиз-2017 51-54 бетлар.

16. Алланазаров А.А., Курбонов Ш.С. Литые биметаллические композиции для штампового инструмента различного назначения. //Республика жанубида транспорт-йўл комплексини ривожлантириш истиқболлари республика илмий – техникавий анжумани 30-31 март Термиз-2017 22-23 бетлар.

17. Алланазаров А.А. Вольфрам карбиди куқунларининг хоссаларига карбидлаш жараёни хароратини таъсирини тадқиқ қилиш. Марказий Осиё минтақасида замонавий илм-фан ва инновацияларнинг долзарб муаммолари халқаро конференция материаллари 26 сентябрь 2020 йил Жиззах. 62-65 бетлар.

18. Алланазаров А.А., Расулов А.Х. Қийин эрийдиган металлларнинг куқунларини қуритиш, аралаштириш жараёнларининг тартибини танлаш ва намуналар олиш. Марказий Осиё минтақасида замонавий илм-фан ва инновацияларнинг долзарб муаммолари халқаро конференция материаллари 26 сентябрь 2020 йил Жиззах. 66-70 бетлар.