

**NAVOIY DAVLAT KONCHILIK VA TEXNOLOGIYALAR
UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSC.17/04.06.2021.T.06.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

PARMONOV SARVAR TOSHPO‘LATOVICH

**YEYILISHGA BARDOSHLI VOLFRAM KARBID-KOBALT ASOSLI
QATTIQ QOTISHMALARNI OLISHNING YANGI TEXNOLOGIK
TAMOYILLARINI ISHLAB CHIQISH**

**05.02.01–Mashinasozlikda materialshunoslik. Quymachilik. Metallarga termik va bosim
ostida ishlov berish. Qora, rangli va noyob metallar metallurgiyasi**

**TEXNIKA fanlari doktori (DSc) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Navoiy – 2024

Doktorlik dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi

Оглавление автореферата докторской диссертации

Content of the abstract of doctoral dissertation

Parmonov Sarvar Toshpo‘latovich

Yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarni olishning yangi texnologik tamoyillarini ishlab chiqish..... 3

Пармонов Сарвар Тошпулатович

Разработка новых технологических принципов получения износостойких твердых сплавов на основе карбида вольфрама-кобальтовых составляющих..... 29

Parmonov Sarvar Toshpulatovich

Development of new technological principles for producing wear-resistant hard alloys based on tungsten carbide-cobalt components..... 57

E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati

Список опубликованных работ
List of published works 61

**NAVOIY DAVLAT KONCHILIK VA TEXNOLOGIYALAR
UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSC.17/04.06.2021.T.06.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

PARMONOV SARVAR TOSHPO‘LATOVICH

**YEYILISHGA BARDOSHLI VOLFRAM KARBID-KOBALT ASOSLI
QATTIQ QOTISHMALARNI OLIHNING YANGI TEXNOLOGIK
TAMOYILLARINI ISHLAB CHIQISH**

**05.02.01–Mashinasozlikda materialshunoslik. Quymachilik. Metallarga termik va bosim
ostida ishlov berish. Qora, rangli va noyob metallar metallurgiyasi**

**TEXNIKA fanlari doktori (DSc) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Navoiy – 2024

Fan doktori (DSc) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida № B2023.3.DSc/T666 raqam bilan ro‘yxatga olingan.

Doktorlik dissertatsiyasi Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universitetida bajarilgan.
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o‘zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.nsumt.uz) va «ZiyoNet» Axborot ta’lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy maslahatchi:

Sharipov Kongratbay Avezimbetovich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Turaxodjaev Nodir Djaxongirovich
texnika fanlari doktori, professor

Pirmatov Eshmurat Azimovich
texnika fanlari doktori, professor

Matkarimov Soxibjon Turdalievich
texnika fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

**Milliy texnologik tadqiqotlar universiteti «MISiS» ning
Olmaliq shahridagi filiali**

Dissertatsiya himoyasi Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti huzuridagi DSc 17/04.06.2021.T.06.01 raqamli Ilmiy kengashning 2024 yil «28» 09 soat 11⁰⁰ dagi majlisida bo‘lib o‘tadi. (Manzil: 210100, Navoiy shahri, G‘alaba shoh ko‘chasi, 76v-uy. Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti majlislar zali. Tel.: (79) 223-23-32; faks: (79) 223-49-66; e-mail: info@nsumt.uz. www.nsumt.uz)

Dissertatsiya bilan Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (162 raqami bilan ro‘yxatga olingan). (Manzil: 210100, Navoiy shahri, G‘alaba shoh ko‘chasi, 76v-uy, Tel.: (79) 223-23-32; faks: (79) 223-49-66.)

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil « 16 » 09 kuni tarqatildi.
(2024 yil «16» 09 dagi 16 raqamli reestr bayonnomasi)



K. Sanakulov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash raisi, t.f.d., professor

O.U. Fuzaylov
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy
kengash ilmiy kotibi, t.f.f.d. (PhD)

A.U. Samadov
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash qoshidagi
Ilmiy seminar raisi, t.f.d., professor

KIRISH (fan doktori (DSc) dissertatsiyasining annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati. Jahonda tog‘-kon sanoatida ma‘danlarni maydalash va burg‘ilash jarayonlarida qo‘llanilayotgan qattiq qotishmalarning bog‘lovchi elementi tarkibiga modifikatorlar kiritilib, ularning mustahkamligini oshirish hamda qumoqlashning texnologik sxemalarini takomillashtirish muhim hisoblanadi. Shu bilan birga, qattiq qotishma chiqindilarini va chiqindilardan olingan shlamlarni kompleks qayta ishlash metallurgiya sanoati uchun muhim ahamiyatga ega bo‘lib, bu turli texnik, texnologik, tashkiliy va boshqa muammolarni hal etishni taqozo etadi. Volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarni ikki bosqichli qumoqlash hamda yeyilishga bardoshlilik bo‘yicha ko‘p yillik tajribalar natijasida bog‘lovchining abraziv zarrachalar va yuqori zarba kuchlari ta‘sirida yeyilishi aniqlandi. So‘nggi yillarda qattiq qotishmalarning xossalari yaxshilash bo‘yicha ko‘plab ilmiy izlanishlar bajarilishiga qaramay, bog‘lovchini modifikatorlar bilan mustahkamlash eng istiqbolli yo‘nalish bo‘lib qolmoqda. Yaqin kelajakda metallurgiya, konchilik, aviakosmos sanoatlarida hamda yuqori yeyilishga bardoshli qattiq qotishmalar ishlab chiqarishda alohida qiziqish uyg‘otadigan nanokukunlarni qo‘llash sohasining kengayishiga e‘tibor qaratish muhim ahamiyat kasb etadi.

Bugungi kunda dunyoda tog‘-kon sanoatida qo‘llanilayotgan jihozlarni takomillashtirish va ularning ishlash muddatini oshirish imkonini beruvchi nanokukunli modifikatorlar turlarini ishlab chiqish; qattiq qotishmalarni qumoqlash jarayonida modifikatorni bog‘lovchi bilan kimyoviy birikma hosil qilishini oldini olish; modifikatorni qattiq qotishmalar mikrostrukturasiga ta‘sirini aniqlash, qattiq qotishma chiqindilarini qayta ishlash darajasini oshirishga qaratilgan samarador texnologiyalarni yaratish bo‘yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu borada qattiq qotishmalarning chiqindilaridan volfram kukunini ajratib olishning eng samarali texnologik yechimlarini aniqlash, olingan kukunlarni tozalashning muqobil texnologik parametrlarini asoslash, toza volfram karbid kukunlaridan nanokukunlar sintezlash texnologik sharoitlarini aniqlashga alohida e‘tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda “Navoiy kon-metallurgiya kombinati” AJ va “Olmaliq kon-metallurgiya kombinati” AJ ishlab chiqarish korxonalarini samaradorligini oshirish bo‘yicha ilg‘or ilmiy asoslangan chora-tadbirlarni joriy qilib, qator ilmiy-amaliy natijalarga erishilmoqda. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining qarorida¹ “Respublikada tog‘-kon korxonalarini mineral-hom ashyo bazasidan foydalanish samaradorligini oshirish” kabi muhim vazifalar belgilangan. Ushbu vazifalardan kelib chiqqan holda, yeyilishga bardoshli qattiq qotishmalarning yangi tarkibini ishlab chiqish va uni olish texnologiyasini yaratish asosiy vazifalardan bo‘lib, bu yo‘nalishga qaratilgan tadqiqotlar katta ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son «2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi» to‘g‘risidagi Farmoni, 2019 yil 17 yanvardagi PQ-4124-son “Kon-metallurgiya sohasi

¹ O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 17 yanvardagi PQ-4124-son «Kon-metallurgiya tarmog‘i korxonalarini faoliyatini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida»gi Qarori

korxonalari faoliyatini kelgusida takomillashtirish choralari” haqidagi qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me’yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga mazkur dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning Respublika ilm-fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga muvofiqligi. Mazkur tadqiqot ishi Respublika fan va texnologiyalarni rivojlantirishning II. “Energetika, energiya va resurs tejamkorlik” ustuvor yo‘nalishiga muvofiq bajarilgan.

Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha xorijiy ilmiy-tadqiqotlar sharhi¹. Yeyilishga bardoshli qattiq qotishmalarni olish, ularning chiqindilaridan toza metall kukunlari olish, nanokukunlar sintezlash texnologiyasini yaratishga qaratilgan ilmiy izlanishlar dunyoning yetakchi ilmiy markazlari hamda oliy ta’lim muassasalari, jumladan: Oak Ridge Institute for Science and Education (AQSh), Wuhan University of Technology (Xitoy), Luoyang Ship Material Research Institute (Xitoy), Royal Institute of Technology (Shvetsiya), Stockholm University (Shvetsiya), University of Petroleum and Energy Studies (Hindiston), Institute of Science and Innovation in Mechanical Engineering (Portugaliya), Uzoq Sharq Federal universiteti (Rossiya), Milliy tadqiqot texnologiya universiteti “MISiS” (Rossiya), Belarus milliy texnika universiteti (Belarusiya), Qozoq milliy tadqiqot texnika universiteti (Qozog‘iston), Olmaliq kon-metallurgiya kombinati (OKMK) “Nodir metallar va qattiq qotishmalar ishlab chiqarish bo‘yicha” IICHB va Toshkent davlat texnika universiteti Olmaliq filialida (O‘zbekiston) olib borilmoqda.

Yeyilishga bardoshli qattiq qotishmalarni olish va ularning chiqindilarini qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqish hamda ularni takomillashtirishga doir jahonda olib borilgan tadqiqotlar natijasida qator, jumladan, quyidagi natijalar olingan: uglerod miqdorining volfram karbid asosli qattiq qotishmalarni qumoqlash texnologiyasi bilan bog‘liqligi aniqlangan (National University of Singapore); WC-Co sistemasida uchqunli plazma usulida qumoqlash texnologiyasi (Baykov Institute of Metallurgy and Materials Science) va volfram karbid nanokukunlarini olish texnologiyasi ishlab chiqilgan (Indian Institute of Technology); sintezlashda hosil bo‘lgan nanozarrachalarning shakllanishi va morfologiyasi o‘rganilgan (Guizhou university); Nitridlanish-karbonizatsiya usuli bilan volfram karbid nanokukunlarini olish texnologiyasi takomillashtirilgan (The State Key Laboratory of Refractories and Metallurgy); qattiq qotishma chiqindilarini qayta ishlash texnologiyasi ishlab chiqilgan (Dalian Polytechnic University); volfram nanozarrachalarini olishning yangi texnologiyalari yaratilgan (Nodir metallar va qattiq qotishmalar ishlab chiqarish bo‘yicha IICHB).

Dunyoda, qattiq qotishma chiqindilaridan nanokukunlar olish hamda ularni nanokukunlar bilan modifikatsiyalash bo‘yicha qator, jumladan, quyidagi ustuvor yo‘nalishlarda tadqiqotlar olib borilmoqda: qattiq qotishma tarkibidagi kobaltni eritmaga o‘tkazish orqali volfram karbidni shlam ko‘rinishida ajratib olish usullarini

² Dissertatsiyaning mavzusi bo‘yicha xorijiy ilmiy-tadqiqotlar sharhi www.atlasrockbit.com, <http://www.varelintl.com>, www.dissercat.com, <http://vbm.ru>, <https://www.amazon.com>, <http://www.mirknigi.ru> va boshqa manbalar asosida ishlab chiqilgan.

ishlab chiqish; shlamni tozalash jarayonini yanada takomillashtirish; metall karbid kukunlaridan nano o'lchamdagi kukunlar olishning yangi texnologiyalarini asoslash va takomillashtirish.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Yeyilishga bardoshli qattiq qotishmalarning yangi kimyoviy tarkibini yaratishda modifikatorlar qo'llash, nanokukunlar sintez qilish, qattiq qotishma chiqindilarini qayta ishlash orqali metallarni ajratib olishni o'rganish rivojiga xorijiy va mahalliy olimlar: M.S.Moreno, L.L.Kabezas, T.S.Biurrun, G.C.Kreymer, J.A.Gurland, J.F.Do, J.Pittari, R.P.Herber, I.N.Sevostyanova, D.S.Terentev, D.A.Zaxarov, R.U.Kalamazov, S.D.Nurmurodov, A.X.Rasulov, Sh.M.Shakirov va boshqa olimlar salmoqli hissalarini qo'shganlar.

Jahon amaliyotida qattiq qotishma chiqindilarini qayta ishlashda natriy nitrat bilan oksidlab eritish texnologiyasi o'zini yaxshi isbotladi. Ushbu texnologiya qattiq qotishmalarni qayta ishlash jarayoni jadal germetik rejimda olib boriladigan va olingan qumolarni keyingi qayta ishlash jarayoni kremniydan tozalash, yuvish, neytrallashtirish hamda cho'ktirish bosqichlarini o'z ichiga oladigan, hozirgi vaqtda iqtisodiy jihatdan samaradorligi past bo'lgan, shuningdek, atrof-muhitning ifloslanishi bilan bog'liq bo'lgan kobalt tarkibli shlam chiqindilarini qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqarishga jalb qilish imkonini beradi.

Shuning uchun volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma chiqindilarini qayta ishlashning mavjud texnologiyalarini takomillashtirish va yangi texnologiyalarni ishlab chiqish dolzarb ilmiy va amaliy muammo bo'lib, qattiq qotishma chiqindilarini elektroliz usulida qayta ishlash usullarini ishlab chiqish samaradorligini oshirishda muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilayotgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti Olmaliq filiali ilmiy-tadqiqot rejasining AK-008/22 "Ruda maydalovchi drobilka detallarini tayyorlash uchun qattiq qotishmaning yeyilishga bardosh tarkibini ishlab chiqish va uni tadqiq qilish" (2022 y.) va 18KT "Yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarni olishning yangi texnologik tamoyillarini ishlab chiqish" (2024 y.) mavzularidagi loyihalar doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarni olishning yangi texnologik tamoyillarini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarni olishning yangi texnologik tamoyillarini ishlab chiqish;

volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma chiqindilarini qayta ishlash va qayta ishlash natijasida olingan shlamdan toza volfram karbid kukunlarini olishning yangi texnologiyasini ishlab chiqish, takomillashtirish va joriy etish;

qattiq qotishma chiqindilaridan olingan toza volfram karbid kukunlaridan volfram karbid nanokukunlarini olishning yangi texnologiyasini ishlab chiqish;

maydalash va burg'ilash jarayonlari uchun modifikatsiyalangan yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmaning yangi kimyoviy tarkibini ilmiy asoslash;

modifikatsiyalangan yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarni nisbatan past haroratlarda qumoqlash rejimini ishlab chiqish;

yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmadan tayyorlangan maydalash va burg'ilash detallarini qumoqlash texnologiyasini laboratoriya va tajriba-sanoat sinovlarini o'tkazish;

VK6 markali detallariga nisbatan ma'danlarni maydalash va burg'ilashdagi yeyilishga bardoshlilik yuqori bo'lgan yangi tarkibli yuqori egilishga mustahkamlik chegarasiga, qattiqlikka va yeyilishga bardoshlilikka ega detallar ishlab chiqish;

Tadqiqotning obyektini sifatida ma'danlarni maydalash va burg'ilash uchun qo'llaniladigan volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmadan tayyorlangan detallari, elektroliz jarayoni natijasida olingan volfram karbid shlamlari, volfram karbid nanokukunlari, qattiq qotishmalardan qumoqlangan namunalari olingan.

Tadqiqotning predmetini muqobil miqdoriy qiymatlarda aralashtirilgan volfram karbid, kobalt, ultradispers titan-karbid va volfram karbid nanokukunlaridan foydalanib, qumoqlash texnologiyasi tashkil etgan.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiya ishini bajarishda qattiq qotishmalarni qumoqlash, ularning chiqindilarini qayta ishlash bo'yicha faoliyat yuritayotgan korxonalaridagi ilmiy-texnik ma'lumotlar va tajribalarni tahlil qilish; analitik, atom-adsorbsion, rentgenofaza tahlili, elektron mikroskopiya, elektroliz va Rokvell usullardan foydalangan holda nazariy tadqiqotlar; laboratoriya tajribalari, tajriba-sanoat sinovlari va ishlab chiqilgan usullarni ishlab chiqarish sharoitida sinovdan o'tkazish; fizik-mexanik usullar, hamda zarrachalarning o'lchami, shakli va zarracha sirtining morfologik tahlili, tajriba ma'lumotlarini qayta ishlashning matematik usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma chiqindilaridan bog'lovchi kobaltning elektroliz jarayonida eritmaga ionlar ko'rinishida o'tishi natijasida hosil bo'lgan shlamni yuqori haroratda argon muhitida tozalash asosida toza volfram karbid kukunlarini olishning yangi texnologik tamoyillari ilmiy asoslangan;

VK6 markali abraziv yeyilib ishdan chiqqan barmoq chiqindilarini qayta ishlash texnologiyasi kobalt bog'lovchining elektroliz jarayonida eritmaga o'tishi asosida ishlab chiqilgan;

qattiq qotishma chiqindilaridan olingan toza volfram karbid kukunlarini ular bilan ta'sirlashmaydigan tuzlar bilan sintezlash asosida volfram-karbid nanokukunlarini olishning yangi texnologiyasi ishlab chiqilgan;

maydalash va burg'ilash jarayonlari uchun volfram karbid nanokukunlari bilan modifikatsiyalangan yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmaning yangi kimyoviy tarkibi kobalt bog'lovchini volfram karbid nanokukunlari bilan modifikatsiyalash asosida ishlab chiqilgan;

yeyilishga bardoshli VK6VN7 markali qattiq qotishmadan tayyorlangan maydalash va burg'ilash detallarini qumoqlash texnologiyasi vakuum va inert muhitlarda kobalt bog'lovchida modifikatorning eritmasidan uning yeyilishga bardoshlilikini oshirishi asosida ishlab chiqilgan;

volfram karbid nanokukunlari bilan modifikatsiyalangan yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarni nisbatan past haroratlarda qumoqlash

rejimi presslash bosimi, qumoqlash harorati, qumoqlash davomiyligi, uglerod va modifikator miqdoriga bog‘liqlik grafigi asosida aniqlangan;

VK6 markali detallariga nisbatan ma‘danlarni maydalash va burg‘ilashdagi yeyilishga bardoshlilik 10-12% yuqori bo‘lgan yangi tarkibli detallar volfram karbid nonokukun zarrachalarining bog‘lovchi kobaltda erimasdan, uning yuqori egilishga mustahkamlik chegarasi, qattiqligi va yeyilishga bardoshlilikini ta‘minlagan qumoqlash haroratining optimal qiymatlari asosida ishlab chiqilgan.

yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarni olishning yangi texnologik tamoyillari qattiq qotishmalarni olish, qayta ishlash, mustahkamlik nazariyasini rivojlantirish va ularning yakuniy mustahkamligini uglerod va modifikatorlar miqdoriga bog‘liqligi asosida yaratilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

VK6 markali abraziv yeyilib ishdan chiqqan barmoq chiqindilari tarkibidagi kobaltni 99,9% gacha eritmaga o‘tkazish hamda shlam tarkibidagi temirning miqdori 5-6% dan 0,5% gacha kamaytirish imkonini beruvchi elektroliz usulida qayta ishlash texnologiyasi ishlab chiqilgan;

volfram karbid asosli qattiq qotishma chiqindilaridan tozalik darajasi 99,9% bo‘lgan toza volfram karbid kukunlarini olishning texnologiyasi ishlab chiqilgan;

qo‘llanilganda qattiq qotishma detallarining g‘ovakligi 8-10%ga kam bo‘lgan volfram karbid asosli qattiq qotishma chiqindilaridan volfram-karbid nanokukunlarini olishning texnologiyasi ishlab chiqilgan;

ishlash muddati 10-12%ga yuqori bo‘lgan volfram karbid nanokukunlari bilan modifikatsiyalangan yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma tarkibi yaratilgan;

yeyilishga bardoshlilik 10-12%ga yuqori bo‘lgan volfram karbid nanokukunlari bilan modifikatsiyalangan yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma ishlab chiqarish texnologiyasi ishlab chiqilgan;

energiya sarfi 11-13%ga past bo‘lgan volfram-karbid nanokukunlari bilan modifikatsiyalangan yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarni qumoqlashning muqobil rejimi yaratilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi quyidagilar bilan tasdiqlanadi: masalalarni qo‘yishning to‘g‘riligi, laboratoriya va tajriba-sanoat sinovlarining yetarli va statistik jihatdan asoslangan hajmi; nanokukunlar bilan modifikatsiyalangan qattiq qotishma qumoqlash texnologiyasini ishlab chiqish bo‘yicha ishlarning asosiy g‘oyasini miqdoriy jihatdan tasdiqlash; olingan natijalarni laboratoriya sinovlari va shlam hamda elektrolitning fizik-kimyoviy asoslari usullari bilan mos kelishi; ishlab chiqilgan qayta ishlash texnologiyasini tajriba sharoitida sinovdan o‘tkazishda olingan ijobiy natijalar; taklif qilingan tavsiyalar, usullarning sanoat aprotatsiyasi va erishilgan texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlar bilan isbotlangan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati eng maqbul elektrolit ishtirokida VK6 barmoq chiqindilarini elektroliz usulida qayta ishlash natijasida olinagan shlamning tozaligi hamda miqdori elektrolit turi va haroratiga, berilayotgan tok kuchi va

kuchlanishga, katod va anodlar orasidagi masofasiga hamda yuzalariga, jarayon davomiyligiga bog‘liq holda shakllanishining tartibi aniqlanganligi orqali asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati qattiq qotishma chiqindilaridan elektroliz usulida toza volfram karbid kukunlarini olishning texnologiyasi, volfram karbid kukunlarini sintezlab volfram-karbid nanokukunlarini ishlab chiqarishning texnologiyasi, volfram kukunlarini karbidizatsiyalash texnologiyasi, volfram karbid nanokukunlari bilan modifikatsiyalangan yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma tarkibi, ularni ishlab chiqarish texnologiyasi va qumoqlash rejimlarini ishlab chiqarishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma chiqindilarini qayta ishlash tamoillari, ularni yangi tarkibini ishlab chiqish va davriy zarba qarshiligi hamda abraziv yeyilishga bardoshlilik bo‘yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

VK6 markali abraziv yeyilib ishdan chiqqan barmoq chiqindilarini kislotalar ishtirokida qayta ishlash texnologiyasi “Navoiy KMK” AJ “Navoiy mashinasozlik zavodi” ICHBda amaliyotga joriy etilgan (“Navoiy KMK” AJning 2024 yil 6 avgustdagi №23/01-01-07/436-sonli ma’lumotnomasi). Natijada barmoq chiqindilari tarkibidagi kobalt 99,9% gacha eritmaga o‘tkazilgan hamda shlam tarkibidagi temirning miqdori 5-6% dan 0,5% gacha kamaytirish imkonini bergan;

Volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma chiqindilaridan toza volfram karbid kukunlarini olishning yangi texnologiyasi “Olmaliq KMK” AJ “Nodir metallar va qattiq qotishmalar ishlab chiqarish bo‘yicha” ICHBda amaliyotga joriy etilgan (“Olmaliq KMK” AJning 2024 yil 7 martdagi №SL-239-sonli ma’lumotnomasi). Natijada volfram karbid kukunlarining tozalik darajasini 99,9% gacha oshirish imkonini bergan;

Volfram karbid asosli qattiq qotishma chiqindilaridan volfram karbid nanokukunlarini ishlab chiqarishning yangi texnologiyasi “Olmaliq KMK” AJ “Nodir metallar va qattiq qotishmalar ishlab chiqarish bo‘yicha” ICHBda amaliyotga joriy etilgan (“Olmaliq KMK” AJning 2024 yil 7 martdagi №SL-239-sonli ma’lumotnomasi). Natijada qattiq qotishma detallarining g‘ovakligini 8-10% ga kamaytirish imkonini bergan;

Volfram karbid nanokukunlari bilan modifikatsiyalangan yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalari tarkib “Olmaliq KMK” AJ “Nodir metallar va qattiq qotishmalar ishlab chiqarish bo‘yicha” ICHBda amaliyotga joriy etilgan (“Olmaliq KMK” AJning 2024 yil 7 martdagi №SL-239-sonli ma’lumotnomasi). Natijada qattiq qotishma detallarining ishlash muddatini 10-12 % ga oshirish imkonini bergan;

Volfram karbid nanokukunlari bilan modifikatsiyalangan yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma ishlab chiqarish texnologiyasi “Olmaliq KMK” AJ “Nodir metallar va qattiq qotishmalar ishlab chiqarish bo‘yicha” ICHBda amaliyotga joriy etilgan (“Olmaliq KMK” AJning 2024 yil 7 martdagi №SL-239-sonli ma’lumotnomasi). Natijada volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma detallarning yeyilishga bardoshlilikini 10-12% ga oshirish imkonini bergan;

Volfram karbid nanokukunlari bilan modifikatsiyalangan yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarni nisbatan past haroratlarda qumoqlash

rejimi “Olmaliq KMK” AJ “Nodir metallar va qattiq qotishmalar ishlab chiqarish bo‘yicha” ICHBda amaliyotga joriy etilgan (“Olmaliq KMK” AJning 2024 yil 7 martdagi №SL-239-sonli ma’lumotnomasi). Natijada volfram karbid nanokukunlari bilan modifikatsiyalangan yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarni qumoqlashdagi energiya sarfini 11-13% ga kamaytirish imkonini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprotatsiyasi. Tadqiqot natijalari 6 ta xalqaro va 4 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlari va simpoziumlarida muhokamadan o‘tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e‘lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha jami 26 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan 1 ta foydali modelga patent, 1 ta monografiya, O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta‘lim fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalarini asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 15 ta maqola nashr etilgan, jumladan 11 ta respublika va 4 ta xorijiy jurnallarda.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiyaning tarkibi kirish, beshta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati hamda ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 197 betni tashkil etgan.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida o‘tkazilgan tadqiqotning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari shakllantirilgan, obyekt va predmeti tavsiflangan, tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va asosiy natijalari bayon qilingan, tadqiqotning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, olingan natijalarning ishonchliligi asoslangan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish va aprotatsiyasi, shuningdek, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning “**Volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalar va ularni qayta ishlashning istiqbollari**” deb nomlangan birinchi bobida bugungi kunda jahonda va MDH davlatlarida sanoat miqyosida ma‘danlarni maydalash va burg‘ilash jarayonida keng qo‘llanib kelinayotgan qattiq qotishmalarning qo‘llanilish sohalari, bog‘lovchi materiallarning fizik xossalari, volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma chiqindilarini qayta ishlashning zamonaviy usullarining tahlillari bayon etilgan.

Dissertatsiyaning “**Tadqiqot obyekti, yeyilishga bardoshli qattiq qotishmalar fizik-mexanik xossasini tadqiqot qilish metodikalari hamda ularning asosini tashkil qiluvchi kukunlarning xossalarini tadqiq qilish**” deb nomlangan ikkinchi bobida tadqiqot obyekti, volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarning fizik-mexanik xossalarini aniqlashning zamonaviy metodika va usullari, volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarini tayyorlash uchun xomashyo materiallarini tanlash, xomashyo materiallarining xossalari bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning “**Volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalardan tayyorlangan namunalarning sifatiga uglerod miqdorining ta‘sirini ilmiy-amaliy tadqiq qilish**” deb nomlangan uchinchi bobida volfram karbid-kobalt asosli qattiq

qotishmalarning xomashyolarini olishning texnologiyalarini tadqiq qilish, volfram karbid kukunlaridagi uglerod miqdori va uning modifikatsiyalangan volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarning mustahkamligiga ta'sirini tadqiq qilish, volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarning davriy zarbaga va abraziv yeyilishga bardoshlilikini uglerod miqdoriga bog'liqligini aniqlash bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

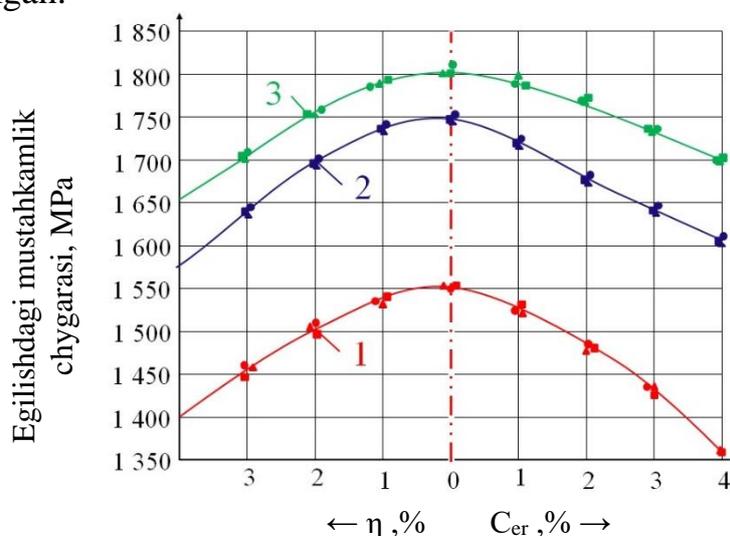
Qattiq qotishmalar ishlab chiqarishda qo'llanilayotgan volfram kukunlari o'rganilganda ular tarkibida molibden metalining miqdori yuqori ekanligi aniqlandi. Molibdendan qutilish maqsadida karbidizatsiya jarayonining haroratini 1800°C gacha oshirildi. Natijada molibdenning miqdori o'rtacha 0,015 foizgacha kamaydi. Bajarilgan tadqiqotlar davomida namunalar tarkibidagi umumiy uglerod miqdori 6,06-6,14% oralig'ida bo'lishi hisobga olindi va ular Δ oralig'i bilan farqlandi. Olingan volfram karbid kukunlarining kimyoviy tarkibi 1 – jadvalda keltirilgan.

1 – jadval.

Karbidizatsiya jarayonidan so'ng olingan WC ning kimyoviy tarkibi

	Nomlanishi	Aniqlanayotgan elementlar, %					
		W	C _{um.}	C _{erkin}	Fe	Mo	Boshqa
1	WC-kukun	93,860	6,000	0,024	0,100	0,015	0,001
2	WC-kukun	93,805	6,000	0,020	0,170	0,017	0,003
3	WC-kukun	93,577	6,200	0,015	0,170	0,014	0,002
4	WC-kukun	93,646	6,200	0,020	0,120	0,013	0,001
5	WC-kukun	93,577	6,200	0,017	0,190	0,014	0,002
6	WC-kukun	93,189	6,300	0,043	0,450	0,015	0,003

Ma'lumki, strukturada erkin uglerod va η – fazaning oz miqdorda bo'lsada mavjudligi volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarning mustahkamligini pasayishiga olib keladi. VK6, VK6UDT5, VK6VN7 markali qattiq qotishmalarining yakuniy egilishdagi mustahkamlik chegarasining undagi uglerod miqdoriga bog'liqligi 1 – rasmda keltirilgan.



1-VK6 (standart); 2-VK6UDT5 (ultradispers zarrachali); 3-VK6VN7 (nano zarrachali);
1 – rasm. VK6VN7, VK6UDT5, VK6 markali qattiq qotishmaning egilishdagi mustahkamlik chegarasining erkin uglerod (C_{er}) miqdoriga va η – fazaning % tarkibiga bog'liqligi.

Volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalar xossalari uglerod miqdoriga bog'liqligini aniqlash maqsadida qumolangan VK6NV7 markali qattiq qotishma namunalari tayyorlandi. Qattiq qotishma namunalariidagi umumiy uglerod miqdori

bo'yicha turli xil natijalarni olish uchun turli qumoqlash rejimlaridan tanlandi. Tahlil natijalari 2 – jadvalda keltirilgan.

2 – jadval

Turli rejimlarda qumoqlangan VK6NV7 markali qattiq qotishma namunalarning fizik-mexanik xossalari

№	C _{um} , %	Zichlik, g/sm ³	Qattiqlik, HRA	G'ovaklik, ball	Mikrostruktura	Harorat, °C
1	5,35	14,83	91,0	A ₁ B ₀ C ₀	Bir xil	1340
2	5,35	14,82	91,1			1350
3	5,34	14,82	91,2			1360
4	5,32	14,83	91,1			1370
5	5,30	14,82	91,1			1380
6	5,26	14,83	90,8		η – faza	1390
7	5,25	14,81	90,7			1390

Dissertatsiyaning “**Volfram karbid asosli qattiq qotishmalar chiqindilaridan nanokukunlari olishning texnologiyasini ishlab chiqish**” deb nomlangan to'rtinchi bobida volfram karbid asosli qattiq qotishma chiqindilaridan elektroliz usuli bilan volfram karbid kukunlarini olish texnologiyasini ishlab chiqish, elektroliz usulida olingan volfram karbid kukunlarini argon muhitida tozalash texnologiyasini ishlab chiqish, volfram karbid nanokukunlarini o'z-o'zidan tarqaluvchi yuqori haroratli sintez usuli bilan olish texnologiyasini ishlab chiqish bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma chiqindilarini elektrolit sifatida nitrat kislota, sulfat kislotalar yoki ularning eritmalaridan foydalanib, kobaltning eritmaga o'tishi va volframning volfram kislotasi yoki volfram karbid shaklida shlamga to'planishi bilan qayta ishlash mumkin.

O'zgaruvchan tok kuchi ta'sirida ma'lum sharoitlarda volfram karbid-kobalt asosli abraziv yeyilib, ishdan chiqqan barmoq chiqindilarini nitrat kislota va sulfat kislota yordamida qayta ishlashda elektroliz jarayoni sodir bo'lmadi.

O'zgarmas tok kuchi ta'sirida volfram karbid-kobalt asosli abraziv yeyilib ishdan chiqqan barmoq chiqindilarini nitrat kislota yordamida qayta ishlashda elektroliz jarayonining rejimlari va elektrolitlar tarkibining shlamning chiqishiga ta'siri to'g'risidagi ma'lumotlar 3 – jadvalda keltirilgan.

3 – jadval

Abraziv yeyilib, ishdan chiqqan barmoq chiqindilarini o'zgarmas tok kuchi ta'sirida nitrat kislota ishtirokida elektroliz qilish (t=12 soat, T=20°C, l=10 mm, V_{um}=600 ml)

№	Eritma, %.	Tuz, g.	Olingan mahsulot massasi, g.	Elektrolit hajmi, ml	Kuchlanish va tok kuchi	
	HNO ₃	NH ₄ NO ₃	Shlam		Kuchlanish, V	Tok kuchi, A
4	9,50	2	41,0572	400	4	2,8
10	14,25	2	56,0730	410	4	3,06/2,8/2,9
6	19,00	2	52,9266	500	4	3,10
12	23,75	2	47,2048	392	4	3,06/2,6
8	28,50	2	50,5214	450	4	2,82

Abraziv yeyilib ishdan chiqqan barmoq chiqindilaridan shlam holatida olingan namunalar filtrlandi, quritildi va kukun holatiga keltirildi. O'zgarmas tok kuchi ta'sirida nitrat kislota ishtirokida elektroliz qilish natijasida olingan volfram karbid

kukunlarining sirt morfologiyasi va kimyoviy tarkibi SEM-EVO MA 10 markali skanerli elektron mikroskop yordamida o'rganildi.

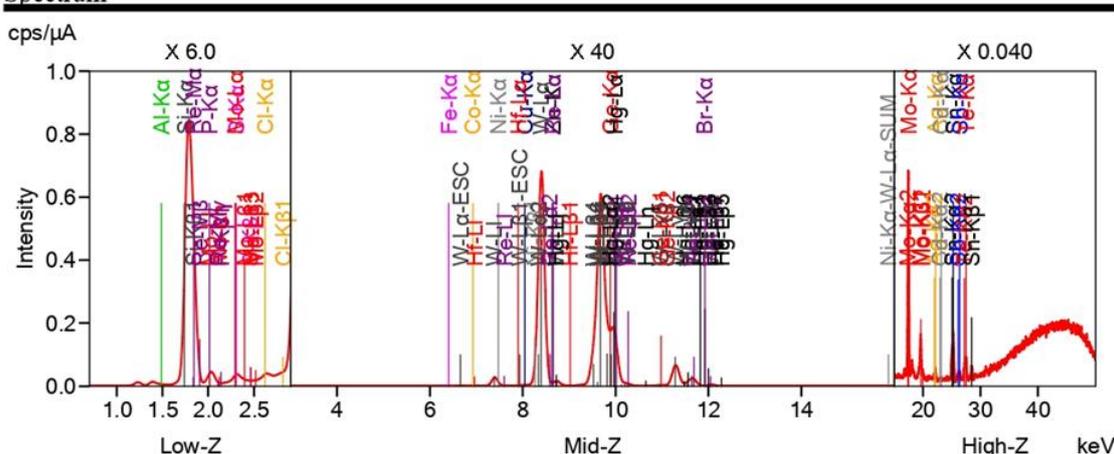
Nitrat kislota ishtirokida o'zgaras tok kuchi ta'sirida shlam holatida olingan namunalarni filtrlandi va quritildi. Olingan volfram karbid kukunlarining kimyoviy tarkibini o'rganish maqsadida namuna Energiya dispersli rentgen floresansi (EDXRF) qurilmasi yordamida tahlil qilindi (4 – jadval).

4 – jadval

Barmoq chiqindilarini nitrat kislota ishtirokida elektroliz qilish natijasida olingan volfram karbid kukunining kimyoviy tarkibi (№6 sonli namuna)

Aniqlanayotgan elementlar, %									
M	W	Al	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Ag	Sn
%	86,0000	0,6000	0,0833	0,1410	0,0165	0,0581	0,2040	0,0088	0,0417
M	Co	Te	Hf	Sb	Hg	Si	P	S	Cl
%	0,0945	0,0184	0,0194	0,0041	0,1520	11,1000	0,9340	0,2640	0,0144

Spectrum



2 - rasm. Barmoq chiqindilarini nitrat kislota ishtirokida elektroliz qilish natijasida olingan volfram karbid kukunining kimyoviy tarkibi (№6 sonli namuna)

5 – jadval

Abraziv yeyilib, ishdan chiqqan barmoq chiqindilarini o'zgaras tok kuchi ta'sirida nitrat kislota ishtirokida elektroliz qilish (t=12 soat, T=20°C, l=10 mm, V_{um}=600 ml)

№	Eritma, %.		Olingan mahsulot massasi, g.	Elektrolit hajmi, ml	Kuchlanish va tok kuchi	
	HNO ₃	NH ₄ NO ₃			Shlam	Kuchlanish, V
4 ¹	9,5	2	41,0572	400	4	2,8/2,97/2,7
15	9,5	4	41,1580	450	4	2,94/2,24/2,0
17	9,5	6	42,7000	450	4	3,04/2,64/2,3
10 ¹	9,5	8	56,0730	410	4	3,06/2,8/2,9
6 ¹	9,5	10	56,9300	500	4	3,10/3,15
12 ¹	9,5	12	57,4800	392	4	3,06/2,6
2 ¹	9,5	14	42,8172	500	4	2,6

5 – jadvalda keltirilgan natijalarning tahlili shuni ko'rsatadiki, qaytaruvchi tuz miqdorining 2 g dan 12 g gacha oshishi bilan ajralgan shlamning miqdori ortib boradi, uning miqdori 12 g dan oshishi bilan ajralgan shlam miqdori kamaydi. Buni eritmada ionlar sonining oshishi bilan ularning to'qnashuvlar sonini ortishi sababli solishtirma elektr o'tkazuvchanligining kamayishi bilan izohlanadi.

O'zgarma tok kuchi ta'sirida volfram karbid-kobalt asosli abraziv yeyilib ishdan chiqqan barmoq chiqindilarini sulfat kislota yordamida qayta ishlashda elektroliz jarayonining rejimlari va elektrolitlar tarkibini shlamning chiqishiga ta'siri to'g'risidagi ma'lumotlar 6 – jadvalda keltirilgan.

6 – jadval

Abraziv yeyilib ishdan chiqqan barmoq chiqindilarini o'zgarma tok kuchi ta'sirida sulfat kislota ishtirokida elektroliz qilish (t=12 soat, T=20°C, l=10 mm, V_{um}=600 ml)

№	Eritma, %.	Tuz, g.	Olingan mahsulot massasi, g.	Elektrolit hajmi, ml	Kuchlanish va tok kuchi	
	H ₂ SO ₄	(NH ₄) ₂ SO ₄	Shlam		Kuchlanish, V	Tok kuchi, A
7	8,167	2	32,8459	550	4	2,46
3	16,330	2	43,0405	425	4	2,9
9	24,500	2	35,1463	500	4	2,7
5	32,670	2	5,1281	600	4	2,3
11	40,830	2	0,2500	565	4	0,8-0,11-0,77
13	49,000	2	–	600	4	0,11/0,07

7 – jadval

Abraziv yeyilib ishdan chiqqan barmoq chiqindilarini o'zgarma tok kuchi ta'sirida sulfat kislota ishtirokida elektroliz qilish (t=12 soat, T=20°C, l=10 mm, V_{um}=600 ml)

№	Eritma, %	Tuz, g.	Olingan mahsulot massasi, g.	Elektrolit hajmi, ml	Kuchlanish va tok kuchi	
	H ₂ SO ₄	(NH ₄) ₂ SO ₄	Shlam		Kuchlanish, V	Tok kuchi, A
3	16,33	2	43,0405	425	4	2,9
14	16,33	4	40,4875	479	4	2,78/2,38/2,7
16	16,33	6	40,5300	470	4	2,80/2,74/2,6
18	16,33	8	63,5400	480	4	2,84
19	16,33	10	63,6360	510	4	3,4
21	16,33	12	28,4200	402	4	2,7
22	16,33	14	30,6500	500	4	3,9

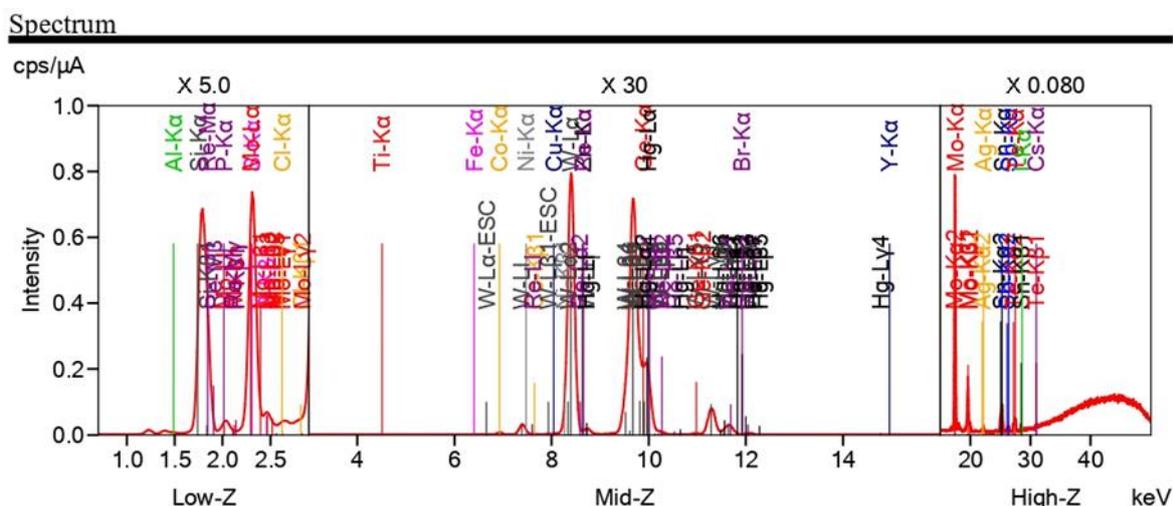
7 – jadvalda keltirilgan natijalarning tahlili shuni ko'rsatadiki, qaytaruvchi tuz miqdorining 2 g dan 10 g gacha oshishi bilan ajralgan shlamning miqdori ortib boradi, uning miqdori 10 g dan oshishi bilan ajralgan shlam miqdori kamaydi. Buni eritmada ionlar sonining oshishi bilan ularning to'qnashuvlar sonini ortishi sababli solishtirma elektr o'tkazuvchanligining kamayishi bilan izohlanadi.

Sulfat kislota ishtirokida o'zgarma tok kuchi ta'sirida shlam holatida olingan namunalar filtrlandi va quritildi. Olingan volfram karbid kukunlarining kimyoviy tarkibini o'rganish maqsadida №21 sonli namuna Energiyadispersli rentgen floresansi (Energy Dispersive X-ray Fluorescence (EDXRF) qurilmasi yordamida tahlil qilindi.

8 – jadval

Barmoq chiqindilarini sulfat kislota ishtirokida elektroliz qilish natijasida olingan volfram karbid kukunining kimyoviy tarkibi (№21 sonli namuna)

Aniqlanayotgan elementlar, %									
M	W	Al	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Ag	Sn
%	81,0000	0,5340	0,0701	0,1130	0,0337	0,0450	0,5050	0,0095	0,0453
M	Co	Te	Ti	Sb	Hg	Si	P	S	–
%	0,4250	0,0216	0,1860	0,0066	0,1590	8,2500	0,723	7,8300	–



3 - rasm. Barmoq chiqindilarini nitrat kislota ishtirokida elektroliz qilish natijasida olingan volfram karbid kukunining kimyoviy tarkibi (№21 sonli namuna)

№21 sonli namuna tarkibida qumoqlash jarayoni uchun zararli qo‘shimcha metallar (Al, Fe, Ni, Cu, Zn, Mo, Ag, Sn, Te, Ti, Sb, Hg) mavjud, ammo volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalar bog‘lovchisi bo‘lgan Co 98-99% eritmaga o‘tgan.

O‘zgarmas tok kuchi ta’sirida volfram karbid-kobalt asosli abraziv yeyilib ishdan chiqqan barmoq chiqindilarini sulfat kislota yordamida qayta ishlashda elektroliz jarayoniga va shlamning ajralish miqdoriga katod va anod orasidagi masofaning bog‘liqligini aniqlash maqsadida amalga oshirilgan tadqiqotlar 9 – jadvalda keltirilgan.

9 – jadval

Abraziv yeyilib ishdan chiqqan barmoq chiqindilarini o‘zgarmas tok kuchi ta’sirida sulfat kislota ishtirokida elektroliz qilish ($t=12$ soat, $m_{\text{tuz}}=12\text{g}$, $T=20^\circ\text{C}$, $V_{\text{um}}=600$ ml)

№	Eritma, %	Katod va anod orasidagi masofa, mm	Olingan mahsulot massasi, g	Elektrolit hajmi, ml	Kuchlanish va tok kuchi	
	H ₂ SO ₄		Shlam		Kuchlanish, V	Tok kuchi, A
3 ¹	16,33	10	43,0405	450	4	3,9
22 ¹	16,33	20	30,6500	450	4	3,9
23	16,33	30	25,9800	475	4	2,5/2,1
24	16,33	40	27,9500	500	4	3,78/3,74
25	16,33	50	20,9800	550	4	2,45/1,27

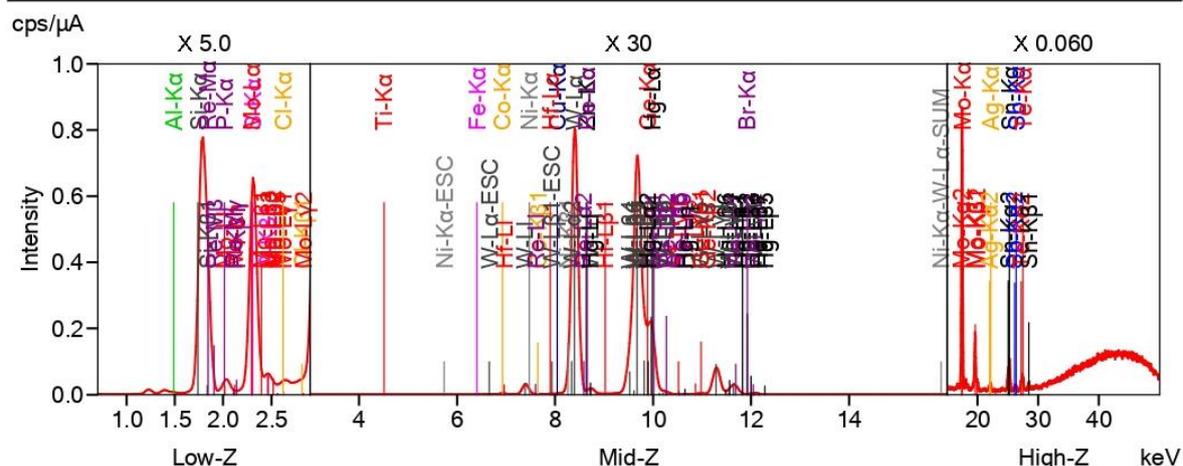
12 g. (NH₄)₂SO₄ tuzi qo‘shib elektroliz qilingan namunalardan olingan shlam filtrlandi va quritildi. Olingan volfram karbid kukunlarining kimyoviy tarkibi tahlil qilindi (10 - jadval).

10 – jadval

Barmoq chiqindilarini sulfat kislota ishtirokida elektroliz qilish natijasida olingan volfram karbid kukunining kimyoviy tarkibi (№25 sonli namuna)

Aniqlanayotgan elementlar, %									
M	W	Al	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Ag	Sn
%	80,9000	0,5620	0,0641	0,1230	0,0173	0,0433	0,414	0,0100	0,0413
M	Co	Te	Hf	Ti	Sb	Hg	Si	P	S
%	0,2860	0,0190	0,1920	0,1960	0,0041	0,1560	9,260	0,7780	6,9500

Spectrum



4 - rasm. Barmoq chiqindilarini nitrat kislota ishtirokida elektroliz qilish natijasida olingan volfram karbid kukunining kimyoviy tarkibi (№25 sonli namuna)

№25 sonli namuna tarkibida qumoqlash jarayoni uchun zararli qo‘shimcha metallar (Al, Fe, Ni, Cu, Zn, Mo, Ag, Sn, Te, Hf, Ti, Sb, Hg) mavjud, ammo volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalar bog‘lovchisi bo‘lgan Co 99% eritmaga o‘tgan.

Elektroliz jarayoniga yana bir katta ta‘sir o‘tkazuvchi omil bu katod va anodning yuzalaridir. Katod va anodning elektrolit bilan ta‘sirlashuvchi yuzasi qancha katta bo‘lsa jarayonda hosil bo‘ladigan shlamning miqdori ham shuncha katta bo‘ladi (11 – jadval).

11 – jadval

Katodning eritma bilan ta‘sirlashuvchi yuzasiga ajralib chiqadigan shlam miqdoriga bog‘liqligi (t=12 soat, l=20 mm, T=20°C, V_{um}=600 ml)

№	Eritma, %	Tuz, g.	Olingan mahsulot massasi, g.	Katodning yuzasi, sm ²	Kuchlanish va tok kuchi	
					H ₂ SO ₄	(NH ₄) ₂ SO ₄
3 ²	16,33	10	64,64	100	4	2,9/3,0
22 ²	16,33	10	130,29	200	4	3,0/3,1
23 ¹	16,33	10	329,20	500	4	2,9/3,3
24 ¹	16,33	10	664,41	1000	4	2,9/3,2
25 ¹	16,33	10	1293,82	2000	4	3,1/3,2

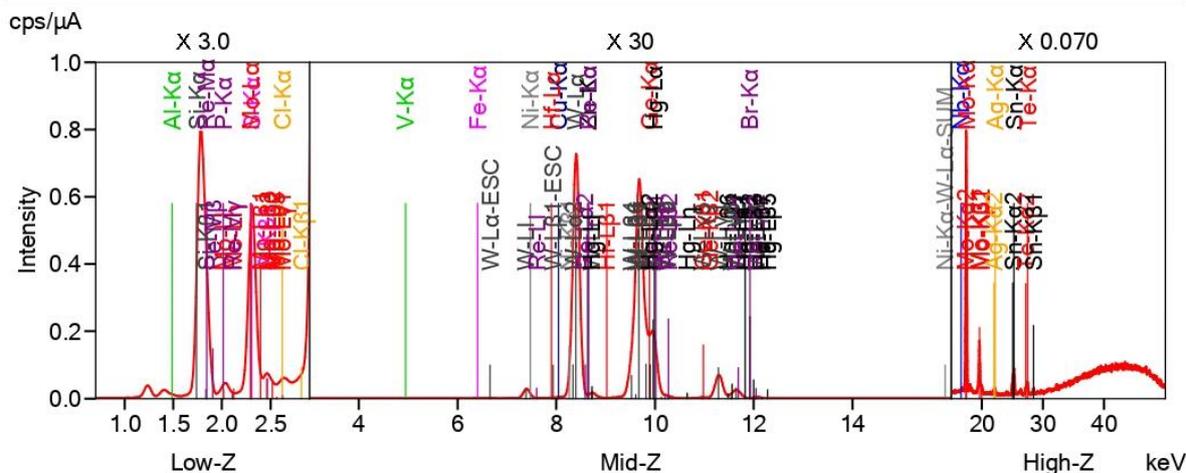
11 – jadvalda keltirilgan ma‘lumotlar asosida volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma chiqindilaridan tayyorlangan katodning elektrolit bilan ta‘sirlashuvchi yuzasi qancha katta bo‘lsa arjaladigan shlamning miqdori shuncha ko‘p bo‘lishini ko‘rsatdi.

Elektroliz jarayoni tugagandan so‘ng shlamlar filtrlandi, yuvildi va 50-80°C haroratlarda vakuum quritish shkafida quritilib kukun holatiga keltirildi. Quritilgan kukunlarning kimyoviy tarkibi aniqlandi. Olingan natijalar kukunlarni qattiq qotishmalar ishlab chiqarish uchun ishlatish darajasida toza emasligini ko‘rsatdi. Uning tarkibida oz miqdorda kislota qoldiqlari, eritmaga o‘tib ulgurmagan kobalt metali, oz miqdorda volfram oksidlari, oz miqdorda volframat kislotasi borligi aniqlandi. Kobaltdan to‘liq qutulish maqsadida kukunlar elektrolit sifatida ishlatilgan eritmada 3 marta 45 minutdan aralashtirib yuvildi va filtrlandi. 3 marta yuvilib so‘ngra filtrlagandan so‘ng kukun tarkibida kobalt metali aniqlanmadi (12 – jadval).

Barmoq chiqindilaridan olingan volfram karbid kukunining kimyoviy tarkibi

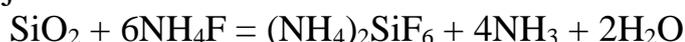
Aniqlanayotgan elementlar, %								
<i>M</i>	W	Al	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Ag
%	87,1000	0,2870	0,1230	0,1500	0,0444	0,0532	0,5340	0,0113
<i>M</i>	Sn	Te	Hf	V	Hg	Si	P	S
%	0,0475	0,0191	0,2190	0,1940	0,1500	6,750	0,2980	3,970

Spectrum

**5 - rasm. Barmoq chiqindilaridan olingan volfram karbid kukunining kimyoviy tarkibi**

VK6 markali abraziv yeyilib ishdan chiqqan barmoq chiqindilarini kislotalar ishtirokida qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqarishga joriy etish natijasida: barmoq chiqindilari tarkibidagi kobalt 99,9% gacha eritmaga o'tkazilgan hamda shlam tarkibidagi temirning miqdori 5-6% dan 0,5% gacha kamaygan. ("Navoiy mashinasozlik zavodi"ning 05.08.2024 dagi dalolatnomasi va "Navoiy KMK" AJ ning 07.03.2024 dagi №23/01-01-07/436-sonli ma'lumotnomasi).

Olingan shlamning tarkibidagi kremniy oksididan qutilish maqsadida ammoniy ftorid (NH₄)F yordamida volfram karbid kukunini qayta ishlash jarayoni quyidagi reaksiyaga muvofiq bajarildi:



Zararli qo'shimcha metallari bo'lgan kukunlardan toza volfram karbid kukunlarini olish jarayoni vakuum elektr pechlarda 1000°C haroratlarda argon muhitda olib boriladi. Argon inert gaz bo'lganligi sababli kukunlarini tarkibiy qismlarining hech biri bilan kimyoviy reaksiyaga kirishmaydi va harorat ta'sirida kukun tarkibidagi zararli qo'shimchalar (kislota qoldiqlari, oksidlangan volfram, volframat kislota) chiqarib yuborildi. Tozalash jarayonidan o'tgan volfram karbid kukunlarining kimyoviy tarkibi 13 – jadvalda keltirilgan.

13-jadval

Tozalash jarayonidan o'tgan volfram karbid kukunlarining kimyoviy tarkibi

Aniqlanayotgan elementlar, %									
<i>M</i>	W	Al	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Ag	Sn
%	93,6240	0,0187	0,0119	0,0150	0,0312	0,0325	0,0534	0,0113	0,0147
<i>M</i>	Co	Te	Hf	V	Hg	Si	P	S	C
%	–	0,0111	0,0192	0,0194	0,0150	0,0121	0,0002	0,0003	6,1100

Elektroliz, filtrlash va tozalash bosqichlaridan o'tgan volfram karbid kukunlari

tarkibidagi uglerodning miqdori aniqlandi, natijalar 14 – jadvalda keltirilgan.

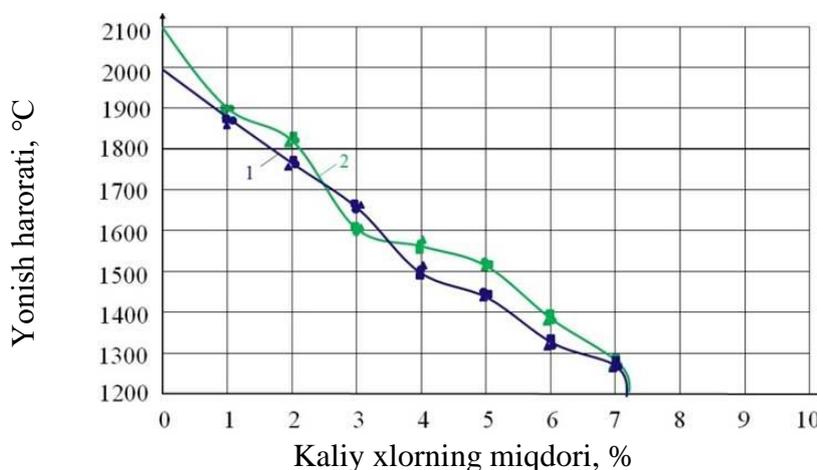
14 – jadval

Elektroliz, filtrlash va tozalash bosqichlaridan o‘tgan volfram karbid kukunlari tarkibidagi uglerodning miqdori

T/R	№1	№2	№3	№4	№5
Cum.	6,14%	6,08%	6,12%	6,06%	6,07%
Cerk.	0,04%	0,02%	0,04%	0,03%	0,10%

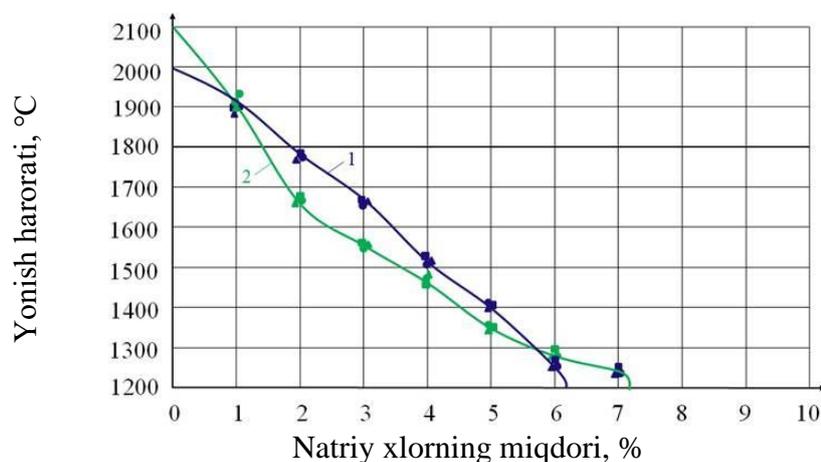
Volfram karbid nanokukunlarini o‘z-o‘zidan tarqaluvchi yuqori haroratli sintez usuli bilan olish texnologiyasini ishlab chiqish maqsadida 4 ta shixta namunalari №1 WC + nitrosellyuloza ($[C_6H_7O_2(OH)_{3-x}(ONO_2)_x]_n$) + KCl + (1-10%); №2 WC + nitrosellyuloza + NaCl + (1-10%); №3 WC + nitrosellyuloza + K_2CO_3 + (1-10%); №4 WC + perxlorvinil smola ($C_6H_8Cl_{14}$) tarkibli shixta namunalari tayyorlab olindi.

Dastlab tayyorlab olingan KCl tarkibli namunalalar, KCl ning foiz miqdorlari turlicha bo‘lganda qarama-qarshi oqimda filtrlash va birgalikdagi oqimda filtrlash rejimlarida WC+nitrosellyuloza+KCl aralashmasi uchun amalga oshirildi.



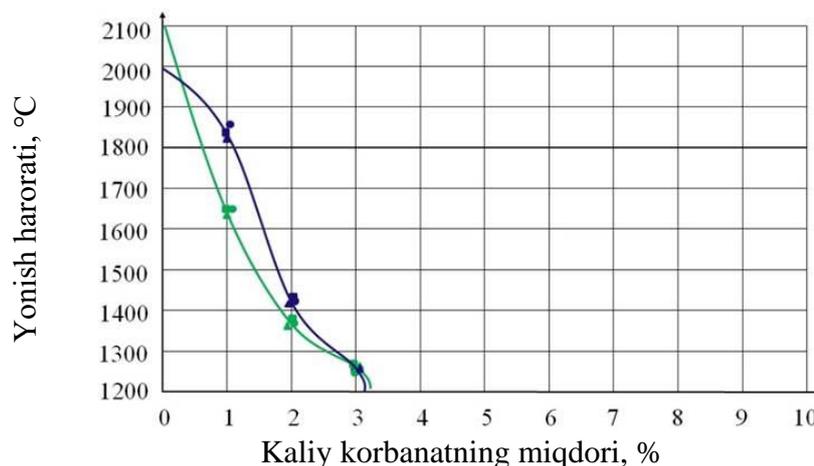
1) qarama-qarshi oqimda filtrlash rejimida; 2) birgalikdagi oqimda filtrlash rejimida
6 – rasm. Dastlabki shixta namunalari tarkibidagi KCl miqdorining yonish haroratiga bog‘liqligi

WC+nitrosellyuloza+KCl tarkibli shixta namunalari uchun KCl ning miqdori ortishi bilan sintezlash davomida yonish harorati tushdi. Dastlabki shixta namunalariidagi KCl ning miqdori 8% ga yetganda qarama-qarshi oqimda filtrlash jarayoni amalga oshmadi. Qarama-qarshi oqimda filtrlash rejimidagi kabi WC+nitrosellyuloza+KCl tarkibli namunalalar uchun dastlabki shixta namunalariidagi KCl ning miqdori ortishi bilan sintezlash davomida yonish haroratining tushishi, KCl ning foiz miqdori 8% dan ortgan namunalalar birgalikdagi oqimda filtrlash vaqtida yonmaydi va jarayon ketmaydi.



1) qarama-qarshi oqimda filtrlash rejimida; 2) birgalikdagi oqimda filtrlash rejimida
7 – rasm. Dastlabki shixta namunalari tarkibidagi NaCl miqdorining yonish haroratiga bog‘liqligi

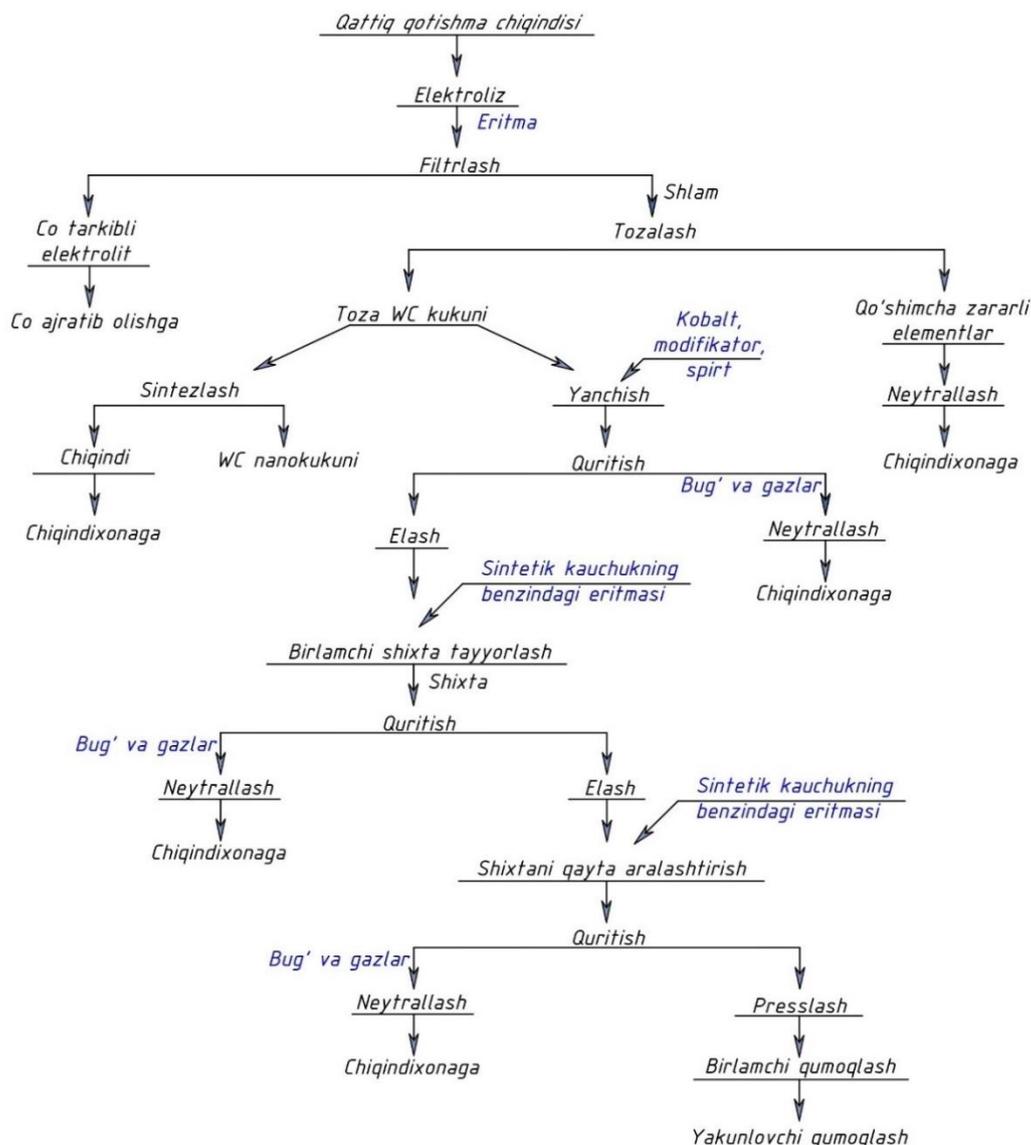
NaCl ning aralashmada miqdori 6 % ga yetganda yonish harorati 1250°C gacha tushgan, NaCl 7 % ga yetganda qarama-qarshi oqimda filtrlash rejimida yonmaydi. Birgalikdagi oqimda filtrlash rejimida olib borilgan ilmiy-amaliy tadqiqotlar natijasida ma’lum bo‘ldiki, shixta namunalariidagi boshlang‘ich NaCl miqdori 7% ga yetguncha yonish harorati 2100°C dan 1250°C gacha tushdi, NaCl ning miqdori 8% va undan yuqori bo‘lgan aralashmalar yonmadi. Olingan kukunlar o‘rganilganda yakuniy mahsulotlar tarkibida zarracha o‘lchami 100 mikrongacha bo‘lgan polidispers kukunlar ko‘rindi, ammo elektron mikroskopda kattalashtirilganda zarralarning granulometrik o‘lchami 150 - 400 nm gacha bo‘lgan nanozarrachalarning aglomeratlari ekanligi aniqlandi.



1) qarama-qarshi oqimda filtrlash rejimida; 2) birgalikdagi oqimda filtrlash rejimida
8 – rasm. Dastlabki shixta namunalari tarkibidagi K₂CO₃ miqdorining yonish haroratiga bog‘liqligi

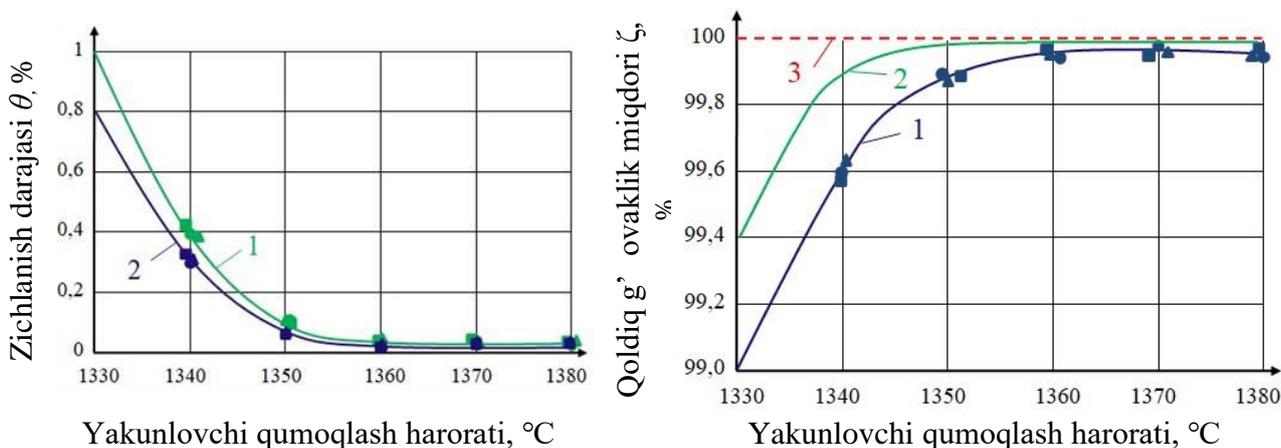
8 – rasmdan ko‘rinib turibdiki, shixta namunalariiga oz miqdorda K₂CO₃ qo‘shilishi yonish haroratining qolgan tuzlarga qaraganda sezilarli darajada pasayishiga olib keladi, K₂CO₃ ning boshlang‘ich tarkibi 3% bo‘lganda yonish harorati 1250°C gacha pasaydi. Ammo K₂CO₃ ning miqdori 4 % dan ortiq aralashmalar qarama-qarshi oqimda filtrlash rejimida yonmadi.

Dissertatsiyaning “**Volfram karbid-kobalt asosli yeyilishga bardoshli qattiq qotishma tarkibi va qumoqlash texnologiyasini ishlab chiqish**” deb nomlangan beshinchi bobida volfram karbid-kobalt asosli yeyilishga bardoshli qattiq qotishmalarning qumoqlash texnologiyasini ishlab chiqish, Volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma struktura va fizik-mexanik xossalariga modifikatorlar miqdorining ta’sirini aniqlash, volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma namunalarini zarbli abraziv yeyilishga va davriy zarba qarshiligiga modifikatorlar miqdorining ta’sirini aniqlash, modifikatsiyalangan volfram karbid-kobalt asosli barmoqlar va dolotalarni ekspluatatsion sharoitda aprobatsiyadan o‘tkazish bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan.



9 – rasm. Turli modifikatorlar bilan modifikatsiyalangan volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalar ishlab chiqarishning texnologik sxemasi

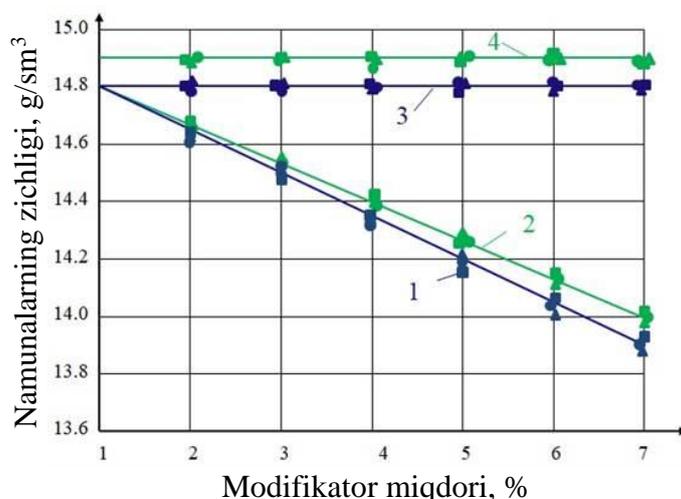
Bajarilgan tajriba natijalar asosida namunalarning yakuniy haroratga bog‘liq ravishda zichlanish darajasi, qoldiq g‘ovakligini va zichligini o‘zgarishi grafik shaklda 10– rasmda keltirilgan.



Yakunlovchi qumoqlash harorati, °C
1-89%WC+6%Co+5%TiC; 1-87%WC+6%Co+7%WC; 3-VK6 (standart)
10 – rasm. Modifikatsiyalangan namunalarning yakuniy haroratga bog'lik ravishda (a) zichlanish darajasini va (b) qoldiq g'ovakligini o'zgarishi grafigi

Natijalarning tahlili shuni ko'rsatadiki yakuniy qumoqlash harorati oshishi bilan har ikkala (90%WC+6%Co+5%TiC; 90%WC+6%Co+5%WC) tarkibli namunalarning zichlanish darajasi ortgan va qoldiq g'ovaklik miqdori kamaygan. 1330°C dan 1350°C haroratgacha namunalarning zichlanish darajasi keskin ortgan bo'lsa, 1350°C dan 1360°C haroratgacha juda sekin ortgan. Buning asosiy sabablaridan biri kobalt kukunlarining suyuqlanishi va suyuq kobaltning asta sekin volfram karbid kukunlari aro tarqalishida bo'lishi mumkin.

Har ikkala tarkibli namunalarda ham 1360°C haroratdan oshishi bilan erishilgan zichlanish darajasi 1380°C haroratgacha o'zgarmasdan qolgan. Buning asosiy sababi suyuq kobalt 1360°C haroratda, 20 daqiqa davomida namuna hajmi bo'ylab teng tarqalib bo'lgan. 1360°C hamda 1380°C haroratlarda qumoqlangan, turli tarkibga ega bo'lgan modifikatsiyalangan namunalarning zichligi aniqlangan natijalar bo'yicha grafik tuzildi.

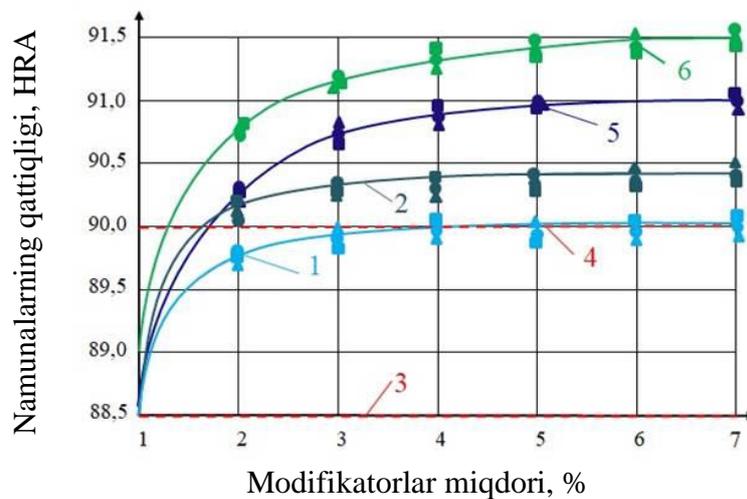


a) 1-1360°C haroratda; 2-1380°C haroratda; b) 3-1360°C haroratda; 4-1380°C haroratda
11 – rasm. Ultradispers TiC (a) va WC nanokukun (b)lari miqdorini namunalarning zichligiga ta'siri

Modifikatorlar miqdorining namunalarning zichligiga ta'sirini aniqlash bo'yicha o'tkazilgan tadqiqot natijalariga ko'ra barcha 1360°C hamda 1380°C haroratlarda yakunlovchi qumoqlash jarayonidan o'tgan namunalarning zichligi tarkibidagi TiC

kukunining miqdoriga bog‘liq holda $14,8 \text{ g/sm}^3$ dan $13,88 \text{ g/sm}^3$ gacha kamaygan, bunday holni kuzatilishi tabiiy, chunki TiC ($4,93 \text{ g/sm}^3$) zichligi WC ($15,63 \text{ g/sm}^3$) zichligidan kichik. Nanokukun bilan modifikatsiyalangan 1360°C hamda 1380°C haroratlarda yakunlovchi qumoqlash jarayonidan o‘tgan namunalarning zichligi $14,8 \text{ g/sm}^3$ dan $14,9 \text{ g/sm}^3$ gacha oshgan. Bu nanokukunlarning kobalt bog‘lovchida nisbatan eriganligini bildiradi.

Modifikatorlar miqdorining volfram karbid-kobalt asosli namunalar qattiqligiga ta’sirini aniqlash. Buning uchun har bir turdagi namunalarning qattiqligini Rokvell usulida aniqlandi.



a) 1-T15K6 (standart); 2-VK6 (standart); b) 3- 1360°C haroratda; 4- 1380°C haroratda;
c) 5- 1360°C haroratda; 6- 1380°C haroratda

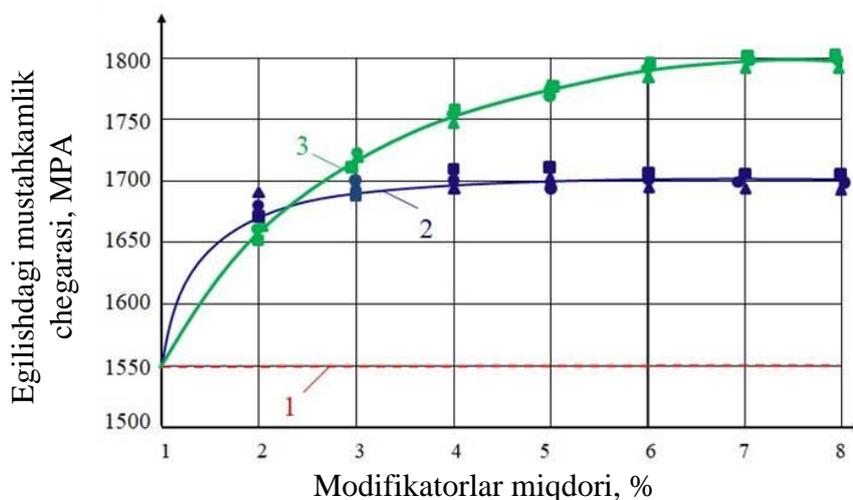
12 – rasm. Ultradispers TiC (b) va WC nanokukun (c)lari miqdorini namunalarning qattiqligiga ta’siri

Ultradispers TiC kukun miqdorining namunalar qattiqligiga ta’sirini aniqlash bo‘yicha o‘tkazilgan tadqiqot natijalariga ko‘ra 1360°C haroratda 20 daqiqa davomida yakunlovchi qumoqlangan namunalarning qattiqligi undagi ultradispers TiC miqdoriga bog‘liq ravishda 88,5 HRA dan 90,0 HRA gacha ortgan. 1380°C haroratda esa namunalarning qattiqligi 88,5 HRA dan 90,5 HRA gacha ortgan va bu ko‘rsatkich standart VK6 markali qattiq qotishmalarning qattiqligidan 2 HRA ga yuqori bo‘lsa, standart T15K6 markali qattiq qotishmalarning qattiqligidan 0,5 HRA ga yuqori. Ammo har ikkala haroratlarda pishirilgan namunalarda ham tarkibidagi ultradispers TiC kukun miqdori 4% dan oshishi ularning qattiqligi sezilarli ta’sir ko‘rsatmagan. Buning asosiy sabablaridan biri bog‘lovchi kobaltning ultradispers TiC zarrachalariga to‘yinganidan.

WC nanokukun miqdorining namunalar qattiqligiga ta’sirini aniqlash bo‘yicha o‘tkazilgan tadqiqot natijalariga ko‘ra 1360°C haroratda 20 daqiqa davomida yakunlovchi qumoqlangan namunalarning qattiqligi undagi WC nanokukun miqdoriga bog‘liq ravishda 88,5 HRA dan 91,0 HRA gacha ortgan. 1380°C haroratda esa namunalarning qattiqligi 89,0 HRA dan 91,5 HRA gacha ortgan va bu ko‘rsatkich standart VK6 markali qattiq qotishmalarning qattiqligidan 3 HRA ga, ultradispers TiC bilan modifikatsiyalangan VK6 markali qattiq qotishmalardan 1 HRA ga yuqori bo‘lsa, standart T15K6 markali qattiq qotishmalarning qattiqligidan 1,5 HRA ga yuqori. Ammo har ikkala haroratda pishirilgan namunalarda ham tarkibidagi WC nanokukun

miqdori 6% dan ularning qattiqligi sezilarli ta'sir ko'rsatmagan. Buning asosiy sabablaridan biri bog'lovchi kobaltning modifikatorlariga to'yinganidan.

Olingan natijalar bo'yicha volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma namunalarining ko'ndalang egilishdagi mustahkamlik chegarasini ultradispers TiC kukuni miqdoriga bog'liq holda o'zgarishi va WC nanokukuni miqdoriga bog'liq holda o'zgarishi 13-rasmda grafik shaklda keltirilgan.



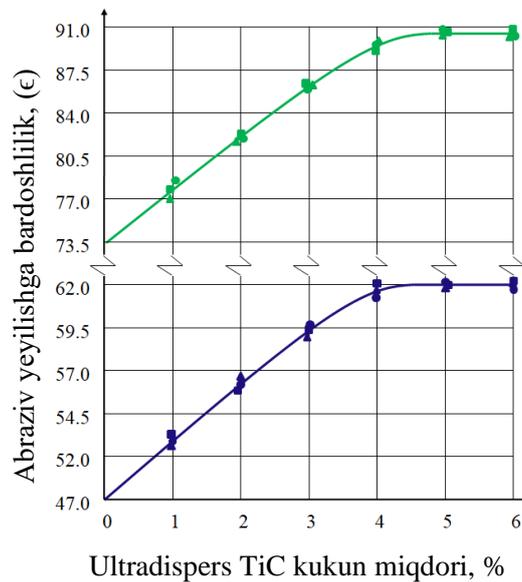
1- VK6 (standart); 2- WC+TiC (ultradispers zarrachali); 3- WC+WC (nano zarrachali)

13 – rasm. Namunalarning ko'ndalang egilishdagi mustahkamlik chegarasini modifikatorlar miqdoriga bog'liq holda o'zgarish grafigi

Olingan natijalarga ko'ra volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarga 1% dan 6% gacha ultradispers TiC kukuni kiritilishi materialning ko'ndalang egilishdagi mustahkamlik chegarasini 1550 MPA dan 1700 MPA gacha, 1% dan 8% gacha WC nanokukuni kiritilishi materialning ko'ndalang egilishdagi mustahkamlik chegarasini 1550 MPA dan 1800 MPA gacha ortishiga olib kelgan, ya'ni standart VK6 markali qattiq qotishmalarning ko'ndalang egilishdagi mustahkamlik chegarasidan o'rtacha 150-250 MPA ga katta.

Volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma namunalari abraziv yeyilishga va davriy zarba qarshiligiga modifikatorlar miqdorining ta'sirini tadqiq qilish uchun namunalar tayyorlandi. Volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma namunalari abraziv yeyilishga bardoshligini sinash bo'yicha olingan natijalar asosida volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma namunalarining modifikator miqdoriga bog'liq holda abraziv yeyilishga bardoshlilikini o'zgarishi bo'yicha grafik ishlab chiqildi.

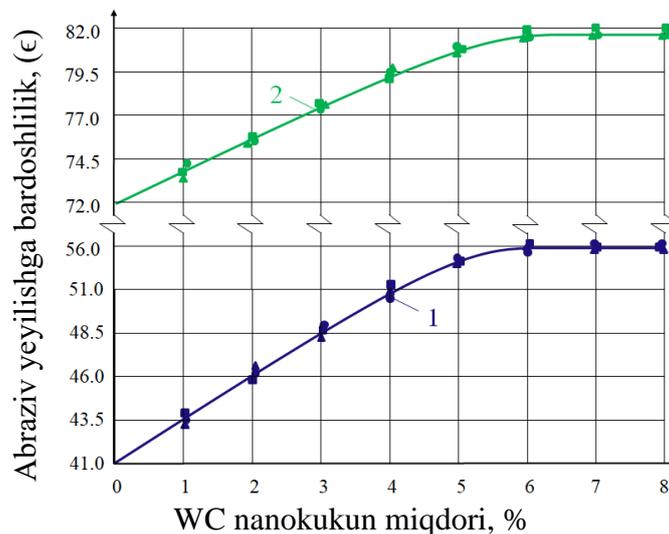
14-rasmda keltirilgan grafikka ko'ra, volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma namunalari modifikatorlarning miqdori ortishi qumning sepilish burchagidan qat'iy nazar ularning abraziv yeyilishga bardoshlilikiga o'zgaruvchan ta'sir ko'rsatgan. Masalan, har ikkala modifikator bilan modifikatsiyalangan namunalarda ham modifikator miqdori ortishi (ultradispers TiC kukuni miqdori 5% ga, WC nanokukunlari miqdori 7% ga yetguncha) materialning abraziv yeyilishga bardoshlili oshgan, ammo modifikatorlar miqdori ma'lum qiymatga yetganda (ultradispers TiC kukuni miqdori 5% dan, WC nanokukunlari miqdori 7% dan oshirish) abraziv yeyilish bardoshlilikiga sezilarli ta'sir ko'rsatmagan.



1 - qumning sepilish burchagi (σ) 45°; 2 - qumning sepilish burchagi (σ) 90°

14 – rasm. VK6 markali qattiq qotishma namunalarining ultradispers TiC kukun miqdoriga bog‘liq holda abraziv yeyilishga bardoshlilikini (ϵ) o‘zgarish grafigi

Volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma namunalarini davriy zarba qarshiligini sinash bo‘yicha olingan natijalar asosida volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma namunalarining modifikator miqdoriga bog‘liq holda davriy zarba qarshiligiga o‘zgarishi bo‘yicha grafik ishlab chiqildi.



1 - qumning sepilish burchagi (σ) 45°; 2 - qumning sepilish burchagi (σ) 90°

15 – rasm. VK6 markali qattiq qotishma namunalarining WC nanokukun miqdoriga bog‘liq holda abraziv yeyilishga bardoshlilikini (ϵ) o‘zgarish grafigi

15 – rasmda keltirilgan grafikka ko‘ra, volfram karbid kobalt asosli qattiq qotishma namunalari modifikatorlarning miqdori ortishi davriy zarba qarshiligiga o‘zgaruvchan ta’sir ko‘rsatgan. Ultradispers TiC va WC nanokukun modifikatorlar bilan modifikatsiyalangan namunalarda ham modifikator miqdori ortishi (ultradispers TiC kukuni miqdori 5% ga, WC nanokukunlari miqdori 7% ga yetguncha) materialning davriy zarba qarshiligi oshgan, ammo modifikatorlar miqdori ma’lum qiymatga yetganda (ultradispers TiC kukuni miqdori 5% dan, WC nanokukunlari miqdori 7% dan oshirish) davriy zarba qarshiligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatmagan.

Bunda barmoqlarni almashtirish uchun sarflangan jami ish vaqti 55 daqiqani tashkil etdi. Barmoqlarning oʻrtacha yoʻqotgan massa sarfi maʼdanga nisbatan 89% WC+6% Co+5% TiC tarkibli namunalar uchun 16,08 t/g ni, 87% WC+6% Co+7% WC tarkibli namunalar uchun 17,69 t/g ni tashkil etdi. Aprobatsiyada olingan natijalarni hozirgi kunda korxonada qoʻllanilib kelinayotgan barmoqlarning ekspluatatsion xossalari bilan taqqoslash 15 – jadvalda keltirilgan.

15 – jadval

Barmoqlarning ekspluatatsion xossalarini taqqoslash

Ekspluatatsion xossa koʻrsatkichlari	Hozirda qoʻllanilayotgan	Aprobatsiyadan oʻtkazilgan	
		89% WC+6% Co+5% TiC	87% WC+6% Co+7% WC
Barmoqning materiali	94% WC+6% Co	89% WC+6% Co+5% TiC	87% WC+6% Co+7% WC
Barmoqlarning umumiy ish resursi, soat	110	125	137
Jami maydalagan maʼdan, t	24 500	27 500	30 250
Almashtirilgan barmoqlar soni, dona	3	3	3
Barmoq sarfi, t/g	14,15	16,08	17,69

Shu bilan birga volfram karbid nanokukuni bilan modifikatsiyalangan volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarni ishlab chiqarishga joriy etish natijasida: volfram karbid kukunlarining tozalik darajasi 99,9% gacha oshgan; qattiq qotishma detallarining gʻovakligi 8-10% ga kamaygan; volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma detallarning qattiqligi 10-12% ga oshgan; qattiq qotishma detallarining ishlash muddati 10-12 % ga oshgan; volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma detallarning yeyilishga bardoshlilik 10-12% ga oshgan; volfram karbid nanokukunlari bilan modifikatsiyalangan yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarni qumoqlashdagi energiya sarfi 11-13% ga kamaygan. (“Nodir metallar va qattiq qotishmalar ishlab chiqarish boʻyicha” IICHB ning 06.03.2024 dagi dalolatnomasi va “Olmaliq KMK”ning 07.03.2024 dagi №SL-239-sonli maʼlumotnomasi).

XULOSA

“Yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarni olishning yangi texnologik tamoyillarini ishlab chiqish” mavzusidagi texnika fanlari doktori (DSc) dissertatsiyasi boʻyicha olib borilgan tadqiqotlarga asoslangan holda, nazariy va amaliy ahamiyatga ega boʻlgan quyidagi xulosalar taqdim etildi:

1. Qattiq qotishmalarning sifati karbitizatsiyalash muhiti, ular tarkibidagi umumiy, η–fazali va erkin uglerodlarning miqdoriga bogʻliqligi aniqlandi. Bu volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarning fizik-mexanik va ekspluatatsion xossalarini oshirish uchun xizmat qiladi.

2. Qattiq qotishma chiqindilarini elektroliz usulida qayta ishlash: elektrolitning turi va miqdoriga, qo‘shilayotgan qaytaruvchining turi va miqdoriga, katod va anod orasidagi masofa hamda eritma bilan ta’sirlashish yuzasiga, jarayon davomiyligiga, eritilayotgan qattiq qotishmaning turiga, olinadigan shlamga qo‘yilgan talabga bog‘liqligi ko‘rsatilgan. Bu volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma chiqindilarini ekologik toza, samarali, va iqtisodiy arzon usulda qayta ishlash uchun xizmat qiladi.

3. VK6 markali abraziv yeyilib ishdan chiqqan barmoq chiqindilarini kislotalar ishtirokida qayta ishlash texnologiyasi ishlab chiqildi va tavsiya etildi. Bu barmoq chiqindilari tarkibidagi kobalt 99,9% gacha eritmaga o‘tkazish hamda shlam tarkibidagi temirning miqdori 5-6% dan 0,5% gacha kamaytirish uchun xizmat qiladi.

4. Volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma chiqindilaridan bog‘lovchi kobaltning elektroliz jarayonida eritmaga ionlar ko‘rinishida o‘tishi natijasida hosil bo‘lgan shlamni yuqori haroratda argon muhitida tozalash asosida toza volfram karbid kukunlarini olishning yangi texnologiyasi ishlab chiqildi va tavsiya etildi. Bu volfram karbid asosli qattiq qotishma chiqindilaridan tozalik darajasi 99,9% bo‘lgan toza volfram karbid kukunlarini olishning texnologiyasini ishlab chiqish uchun xizmat qiladi.

5. Qattiq qotishma chiqindilaridan olingan toza volfram karbid kukunlarini ular bilan ta’sirlashmaydigan tuzlar bilan sintezlash asosida volfram karbid nanokukunlarini olishning yangi texnologiyasi ishlab chiqildi va tavsiya etildi. Bu qo‘llanilganda qattiq qotishma detallarining g‘ovakligi 8-10% ga kam bo‘lgan volfram karbid asosli qattiq qotishma chiqindilaridan volfram karbid nanokukunlarini ishlab chiqarishning texnologiyasini yaratishda qo‘llaniladi.

6. Tog‘-kon sanoati uchun volfram karbid nanokukunlari bilan modifikatsiyalangan yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmaning yangi kimyoviy tarkibi kobalt bog‘lovchini volfram karbid nanokukunlari bilan modifikatsiyalash asosida ishlab chiqildi va tavsiya etildi. Bu ishlash muddati 10-12%ga yuqori bo‘lgan volfram karbid nanokukunlari bilan modifikatsiyalangan yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma tarkibini ishlab chiqish uchun xizmat qiladi.

7. Yeyilishga bardoshli VK6VN7 markali qattiq qotishmadan tayyorlangan maydalash va burg‘ilash detallarini qumoqlash texnologiyasi vakuum va inert muhitlarda kobalt bog‘lovchida modifikatorning erimasdan uning yeyilishga bardoshliligini oshirishi asosida ishlab chiqildi va tavsiya etildi. Bu yeyilishga bardoshliligi 10-12%ga yuqori bo‘lgan volfram karbid nanokukunlari bilan modifikatsiyalangan yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma ishlab chiqarish texnologiyasini yaratishda qo‘llaniladi.

8. Volfram karbid nanokukunlari bilan modifikatsiyalangan yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarni nisbatan past haroratlarda qumoqlash rejimi presslash bosimi, qumoqlash harorati, qumoqlash davomiyligi, uglerod va modifikator miqdoriga bog‘liqlik grafigi asosida ishlab chiqildi va tavsiya etildi. Bu energiya sarfi 11-13%ga past bo‘lgan volfram karbid nanokukunlari bilan modifikatsiyalangan yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarni qumoqlash rejimi ishlab chiqish uchun xizmat qiladi.

9. VK6 markali detallariga nisbatan ma'danlarni maydalash va burg'ilashdagi yeyilishga bardoshlilik 10-12% yuqori bo'lgan yangi tarkibli detallar volfram karbid nonokukun zarrachalarining bog'lovchi kobaltda erimasdan, uning yuqori egilishga mustahkamlik chegarasi, qattiqligi va yeyilishga bardoshlilikini ta'minlagan qumoqlash haroratining optimal qiymatlari asosida ishlab chiqildi va tavsiya etildi. Bu VK6 markali detallariga nisbatan ma'danlarni maydalash va burg'ilashdagi yeyilishga bardoshlilik 10-12% yuqori bo'lgan yangi tarkibli detallar ishlab chiqish uchun xizmat qiladi.

10. Kengaytirilgan laboratoriya va yarim sanoat miqyosida o'tkazilgan tadqiqotlar natijalari bo'yicha qattiq qotishma chiqindilaridan olingan modifikatorlar bilan modifikatsiyalangan volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarni qumoqlash texnologik sxemasi ishlab chiqildi va tavsiya etildi. Bu hisob-kitoblarga asosan yaratilgan texnologiyaning bir texnologik sikli qo'llanilayotgan sanoat texnologiyasiga qaraganda 1 mlrd. 101 mln. so'm iqtisodiy samaradorlikka erishish imkonini beradi.

11. Olingan tahliliy natijalar volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarni olishga, qayta ishlashga, mustahkamlik nazariyasini rivojlantirishga va qattiq qotishmaning yakuniy mustahkamligini uglerod va modifikatorlar miqdoriga bog'liqligini tavsiflashga yordam beradi. Bu yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarni olishning yangi texnologik tamoyillarini ishlab chiqish imkonini beradi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc. 17/04.06.2021.Т.06.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАВОЙСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**

ПАРМОНОВ САРВАР ТОШПУЛАТОВИЧ

**РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ
ПОЛУЧЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ
КАРБИДА ВОЛЬФРАМА-КОБАЛЬТОВЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ**

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

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора ТЕХНИЧЕСКИХ наук (DSc)**

Тема диссертации доктора технических наук (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № В2023.3.DSc/Т666

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета (www.nsumt.uz) и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный консультант::	Шарипов Конградбай Авезимбетович доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Тураходжаев Нодир Джахонгирович доктор технических наук, профессор Пирматов Эшмурат Азимович доктор технических наук, профессор Маткаримов Сохибжон Турдалиевич доктор технических наук, профессор
Ведущая организация:	филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» в г. Алмалык

Защита диссертации состоится «28» 09 2024 года в «11⁰⁰» часов на заседании Научного совета DSc. 17/04.06.2021.Т.06.01. (Адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба шох, 76в. Зал заседаний Навоийского государственного горно-технологического университета. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66; e-mail: info@nsumt.uz. www.nsumt.uz)

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Навоийского государственного горно-технологического университета (зарегистрирован за № 162). (Адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба шох, 76в. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66.)

Автореферат диссертации разослан «16» 09 2024 года.
(реестр протокола рассылки № 16 от «16» 09 2024 года)




К.Санакулов
Председатель Научного совета по присуждению
ученых степеней, д.т.н., профессор


О.У.Фузайлов
Ученый секретарь Научного совета по
присуждению ученых степеней, д.ф.т.н. (PhD)


А.У. Самадов
Председатель Научного семинара при Научном
совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (Автореферат докторской диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире в горнодобывающей промышленности возможным становится обеспечение прочности твердых сплавов, применяемых в процессах дробления и сверления, путем включения модификаторов в состав связующего элемента, а также модернизацией технических схем спекания. В тоже время комплексная переработка отходов твердых сплавов и шламов полученных из отходов твердых сплавов является актуальной для металлургической промышленности и требует решения различных технических, технологических, организационных и других проблем. На основе результатов многолетних исследований двух стадийного спекания твердых сплавов на основе вольфрам карбида-кобальта, а также износостойкости установлено, что износ происходит из-за абразивных частиц связующего и в следствии этого высоких ударных и истирающих сил. Не смотря на проведение в последние годы множества научных исследований в области улучшения свойств твердых сплавов, самым перспективным направлением остаётся закрепление модификаторов связующими. В ближайшем будущем в металлургии, горно добывающей, авиокосмической промышленности, а также в производстве высоко износостойких твердых сплавов расширения области применения, представляет особый интерес, применение нанопорошков что, становится особо актуальным.

Сегодня в мире проводятся научные исследования по усовершенствованию конструкций применяемых в горно добывающей промышленности и разработке видов нанопорошковых модификаторов, позволяющих увеличить срок эксплуатации и избежать в процессе спекания твердых сплавов образования химических соединений между модификатором и связующим, установить влияние модификаторов на микроструктуру твердых сплавов, разработать эффективные технологии направленные на увеличение степени переработки отходов твердых сплавов. При этом особое внимание уделяется определению самых эффективных технологических решений позволяющих выделить порошок вольфрама из отходов твердых сплавов, обоснованию оптимальных технологических параметров очистки полученных порошков, определению технологических условий синтеза нанопорошков из чистых порошков вольфрам карбида.

В нашей Республике достигнуто ряд научно-практических результатов по внедрению передовых научно обоснованных мероприятий по увеличению эффективности производства АО “Навоийский горно металлургический комбинат” и АО “Олмаликский горно металлургический комбинат”. В постановлениях² Призидента Республики Узбекистан предопределены такие важные задачи как “Увеличению эффективности использования базы минеральных ресурсов в горнодобывающих предприятий Республики”. Исходя

¹Указ Президента Республики Узбекистан, от 28 января 2020 года УП-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

из этих задач, исследования направленные на разработку нового состава износостойких твёрдых сплавов и разработку технологии его получения, которые являются одними из основных задач, становятся научно и практически значимыми.

Данное диссертационное исследование в определённой степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан №ПФ-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», Постановлении РQ-4124 от 17 января 2019 года «О мероприятиях усовершенствования в будущем деятельности горно-металлургической отрасли», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и техники Республики П. «Энергетика, энергетическая и ресурсо эффективность».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации². Научные исследования, направленные на получение износостойких твёрдых сплавов, разработку технологий синтеза нанопорошков проводятся в ряде мировых научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе, в Oak Ridge Institute for Science and Education (США), Wuhan University of Technology (Китай), Luoyang Ship Material Research Institute (Китай), Royal Institute of Technology (Швеция), Stockholm University (Швеция), University of Petroleum and Energy Studies (Индия), Institute of Science and Innovation in Mechanical Engineering (Португалия), Дальневосточном Федеральном университете (Россия), Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС» (Россия), Белорусском национальном техническом университете (Беларусь), Казахском национальном исследовательском техническом университете (Казахстан), Алмалыкском горно-металлургическом комбинате по производству «Редких металлов и твердых сплавов» (Узбекистан) и Алмалыкском филиале Ташкентского государственного технического университета (Узбекистан).

В результате исследований проведенных в мире по получению износостойких твёрдых сплавов, а также по разработке и усовершенствования технологий по переработке их отходов получены следующие результаты: например, установлено зависимость технологии спекания от количества углерода в твёрдых сплавах на основе вольфрам карбид-кобальта (National University of Singapore), разработана технология искровой плазменной сварки в системе WC-Co (Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science), разработана технология получения нанопорошков вольфрам карбида (Indian Institute of Technology), изучен выход и морфология наночастиц, образующихся при синтезе (Guizhou university), усовершенствовано производство нанопорошков карбида

² Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации выполнен на основе www.atlasrockbit.com, <http://www.varelintl.com>, www.dissercat.com, <http://vbm.ru>, <https://www.amazon.com>, <http://www.mirknigi.ru> и др. источников.

вольфрама методом азотирования-карбонизации (The State Key Laboratory of Refractories and Metallurgy), разработана технология по переработке отходов твёрдых сплавов (Dalian Polytechnic University), разработана технология по получению наночастиц вольфрама (НПО по производству редких металлов и твердых сплавов АО «Алмалыкский ГМК»)

В мире по получению нанопорошков из отходов твёрдых сплавов, а также по модификации их нанопорошками в следующих ведущих направлениях ведутся серия изысканий, например: разработка способов выделения в виде вольфрам карбидного шлама путём перевода в раствор кобальта содержащего в твёрдом сплаве; усовершенствование процесса очистки шлама; обоснование и усовершенствование новых технологий по получению нано размерных порошков из металл карбидов.

Степень изученности проблемы. Применению модификаторов для создания новых химических составов абразивно стойких твёрдых сплавов, синтезу нанопорошков, развитию изучения извлечения металлов в ходе переработки отходов твёрдых сплавов внесли свой солидный вклад зарубежные и отечественные учёные: M.S.Moreno, L.L.Kabezas, T.S.Biurrun, G.C.Kreymer, J.A.Gurland, J.F.Doí, J.Pittari, R.P.Herber, И.Н.Севостянова, Д.С.Терентев, Д.А.Захаров, Р.У.Каламазов, С.Д.Нурмуродов, А.Х.Расулов, Ш.М.Шакиров и другие.

В мировой практике при переработке твердых сплавных отходов хорошо себя зарекомендовала технология окислительной плавки нитратом натрия. Данная технология предполагает обработку твердых сплавов в интенсивном герметичном режиме и требует ряд стадий дальнейшей обработки полученного материала: удаление песка, промывка, нейтрализация и осаждение, что в настоящее время экономически мало эффективно, а также вовлечение в производство технологии переработки сопутствующих кобальтсодержащих шламовых отходов, загрязняющих окружающую среду.

Поэтому совершенствование существующих технологий переработки твердых сплавов на основе карбид-кобальта и разработка новых технологий является актуальной научно-практической задачей а также разработка методов электролиза имеет важное научное и практическое значение в повышении эффективности переработки отходов твердых сплавов.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено согласно плана научно-исследовательских работ Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова в рамках проектов АК-008/22 «Разработка износостойкого состава твердого сплава для изготовления деталей рудо измельчительных дробилок и его исследование» (2022 г.) и 18КТ «Разработка новых технологических принципов получения износостойких твердых сплавов на основе карбида вольфрама-кобальтовых составляющих» (2024 г.).

Целью исследования является разработка новых технологических принципов получения износостойких твердых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта.

Задачи исследования:

разработка принципов новой технологии получения износостойких твердых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта;

разработка, усовершенствование и внедрение переработки отходов твёрдых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта и новой технологии получения чистого порошка вольфрам карбида из шлама полученного после переработки;

разработка новой технологии получения нанопорошков вольфрам карбида из чистых порошков вольфрам карбида выделенных из отходов твёрдых сплавов;

научное обоснование нового химического состава модифицированных износостойких твёрдых сплавов для процессов измельчения и бурения на основе вольфрам карбид-кобальта;

разработка режимов спекания в относительно низких температурах модифицированных износостойких твёрдых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта;

проведение лабораторных и опытно промышленных испытаний технологии спекания деталей измельчения и бурения изготовленных из износостойких твёрдых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта;

производство деталей имеющих новый состав, обладающий относительно высоким показателем предела прочности на изгиб, твердость и износостойкость при дроблении и бурении полезных ископаемых по сравнению с деталями марки ВК6;

Объектами исследования являются изготовленные из твёрдых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта детали применённые при измельчении и бурении руд, шламы вольфрам карбида полученные в результате процесса электролиза, нанопорошки вольфрам карбида, спеченные образцы разработанных твёрдых сплавов.

Предмет исследования: смешанный в оптимальных соотношениях вольфрам карбид, кобальт, ультрадисперсный титан карбид и вольфрам карбид и технология спекания с применением нанопорошков вольфрам карбида.

Методы исследования. При выполнении диссертационной работы использованы: спекание твёрдых сплавов, научно-техническая информация предприятий действующих по переработке отходов и обсуждение их опыта, научные изыскания аналитического, атомно-абсорбционного, рентгенофазового анализа, электронной микроскопии, электролиза и научного исследования с использованием метода Роквелла, лабораторные исследования, опытно-промышленные испытания, проведение испытаний разработанных способов в производственных условиях; физико-механические способы, а также форма и размеры частиц и морфологический анализ поверхности частиц, способ математической обработки результатов испытаний.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

научно обоснованы принципы новой технологии получения порошков чистого вольфрам карбида, основанные очисткой при высоких температурах в

аргоновой среде шлама, образованного в результате перехода в виде ионов кобальта связывающего в процессе электролиза отходов твёрдых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта;

разработана технология перевода в раствор в процессе электролиза связывающего кобальта при переработке абразивно изношенных отработанных отходов пальцев марки ВК6;

разработана новая технология получения нанопорошков вольфрам карбида, основанная на синтезе не взаимодействующих солей с чистым порошком вольфрама карбида полученного из отходов твёрдых сплавов;

для применения в процессах измельчения и бурения разработан новый химический состав износостойких твёрдых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта на основе модификации нанопорошков твёрдых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта;

на основе увеличения к истиранию изготовленных из износостойких твёрдых сплавов марки ВК6ВН7 деталей для измельчения и бурения разработана технология спекания в вакууме и инертной среде без растворения в связывающем кобальте;

на основе графика зависимости количества углерода и модификатора от давление прессования, температуры спекания, продолжительности спекания, определён режим спекание в относительно низких температурах модифицированного нанопорошками вольфрам карбида в износостойкие твёрдые сплавы на основе вольфрам карбид-кобальта;

разработан новый состав деталей не растворимых в связывающем кобальте частиц нанопорошков вольфрам карбида, на основе оптимальных значений температуры спекания обеспечивающий относительно высокие показатели предела прочности на изгиб, твердости и износостойкости по сравнению с деталями марки ВК6 износостойкость при дроблении и сверлении полезных ископаемых на 10-12% больше;

разработаны принципы новой технологии получения износостойких твёрдых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта созданные при получении, переработке, развитие теории прочности твёрдых сплавов и на основе зависимости их конечной прочности от количества углерода и модификатора.

Практические результаты исследования:

разработана технология переработки методом электролиза абразивно изношенных отработанных отходов пальцев марки ВК6 с переводом до 99,9% кобальта в раствор, а также позволяющая уменьшить содержание железа в составе шлама с 5-6% до 0,5%;

разработана технология получения из отходов твёрдых сплавов на основе вольфрам карбида чистых порошков вольфрам карбида со степенью чистоты 99,9%;

разработана технология получения нанопорошков вольфрам карбида из твёрдых сплавов на основе вольфрам карбида, и ее применение для деталей пористость твёрдых сплавов которых на 8-10% меньше;

создан состав износостойких твёрдых сплавов на основе вольфрам карбид–кобальта модификацией нанопорошками вольфрама карбида твёрдого сплава с увеличенным на 10-12% сроком службы;

разработана технология производства износостойкого твёрдого сплава на основе вольфрам карбид-кобальта получаемого из модифицированных нанопорошков вольфрам карбида, износостойкость которого на 10-12% выше;

создан оптимальный режим спекания износостойкого твёрдого сплава на основе вольфрам карбид-кобальта получаемого из модифицированных нанопорошков вольфрам карбида, энергоёмкость которого на 11-13% ниже.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследований подтверждается следующими: правельностью поставленных задач, достаточным и статистически обоснованным объёмом лабораторных и опытно-промышленных исследований; подтверждением с количественной точки зрения основной идеи по разработке технологии спекания модифицированных нанопорошком твёрдых сплавов; совпадением полученных результатов лабораторных испытаний и шлама, а также физико-химических основ электролиза; полученные положительные результаты при проведении опытных испытаний разработанной технологии переработки; предложенными рекомендациями, апробацией промышленных способов и достигнутыми технико-экономическими показателями.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования обосновывается через определение зависимости чистоты и количества шлама, полученного методом переработки при оптимальном составе электролита отходов пальцев ВК6 электролизным способом, обосновывается через установления зависимости от природы электролита и температуры, задаваемого силы тока и напряжения, расстояния между катодом и анодом, а также их поверхности, продолжительности процесса.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке технологии переработки отходов твёрдых сплавов методом электролиза с целью получения чистого порошка вольфрама карбида, разработке технологии получения нанопорошков вольфрам карбида на основе порошка вольфрам карбида, технологии карбидизации порошков вольфрама, составе износостойкого твёрдого сплава на основе вольфрам карбид-кобальта получаемого из модифицированных нанопорошков вольфрам карбида, служит разработке технологии их производства и режимов спекания.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных результатов исследований по разработке, принципов переработки отходов твёрдых сплавов, состава износостойкого твёрдого сплава на основе вольфрам карбид-кобальта и их внедрение на основе полученных результатов ударно-абразивного износа:

технология переработки с применением кислот абразивно изношенных отработанных отходов пальцев марки ВК6 внедрена в практику ПО «Навоийский машиностроительный завод» АО «Навоийский ГМК» (справка №23/01-01-07/436 АО «Навоийский ГМК» от 6 августа 2024 года). В результате достигнуто

перевод до 99,9% кобальта в раствор, а также уменьшено содержание железа в составе шлама с 5-6% до 0,5%;

новая технология получения чистых порошков вольфрам карбида из отходов твёрдого сплава на основе вольфрам карбид-кобальта внедрена в практику в НПО по производству редких металлов и твердых сплавов АО «Алмалыкский ГМК» (справка №СЛ-239 АО «Алмалыкский ГМК» от 7 марта 2024 года). В результате достигнута увеличение степени чистоты порошка вольфрама карбида до 99,9%;

новая технология производства нанопорошков вольфрам карбида из отходов твёрдых сплавов на основе вольфрам карбида внедрена в практику в НПО по производству редких металлов и твердых сплавов АО «Алмалыкский ГМК» (справка №СЛ-239 АО «Алмалыкский ГМК» от 7 марта 2024 года). В результате достигнуто уменьшение пористости деталей из твёрдых сплавов на 8-10%;

состав износостойких твёрдых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта модификацией нанопорошками вольфрама карбида внедрен в практику в НПО по производству редких металлов и твердых сплавов АО «Алмалыкский ГМК» (справка №СЛ-239 АО «Алмалыкский ГМК» от 7 марта 2024 года). В результате достигнуто увеличение срока службы деталей из твёрдых сплавов на 10-12%;

технология производства износостойких твёрдых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта модификацией нанопорошками вольфрама карбида внедрена в практику в НПО по производству редких металлов и твердых сплавов АО «Алмалыкский ГМК» (справка №СЛ-239 АО «Алмалыкский ГМК» от 7 марта 2024 года). В результате достигнуто увеличение износостойкости деталей из твёрдых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта на 10-12%;

режим спекания износостойкого твёрдого сплава на основе вольфрам карбид-кобальта получаемого из модифицированных нанопорошков вольфрам карбида внедрен в практику в НПО по производству редких металлов и твердых сплавов АО «Алмалыкский ГМК» (справка №СЛ-239 АО «Алмалыкский ГМК» от 7 марта 2024 года). В результате достигнуто уменьшение энергетических затрат при спекании износостойкого твёрдого сплава на основе вольфрам карбид-кобальта получаемого из модифицированных нанопорошков вольфрам карбида на 11-13%.

Апробация результатов исследований. Результаты исследований прошли апробацию на 6 международных и 4 республиканских конференциях и симпозиумах.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 26 научных работ, из них 1 патент на полезную модель, 1 монография, в научных изданиях, рекомендованных для публикации основных научных результатов диссертации Высшей аттестационной комиссией при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан, изданы 15 статей, в том числе 11 из которых в республиканских и 4 в зарубежных журналах.

Структура и объём диссертации. Структура диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объём диссертации составляет 197 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, выявлены объекты, предмет и методы исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, приведена степень изученности проблемы, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены краткие сведения о внедрении результатов, представлены результаты апробации работы, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Твёрдые сплавы на основе вольфрам карбид-кобальта и перспективы их переработки»** рассмотрены области применения твердых сплавов, которые широко применяются в промышленных масштабах в процессах измельчения и бурения полезных ископаемых в мире и странах СНГ, физические свойства связующих материалов, проведён анализ современных методов переработки отходов твердых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта.

Во второй главе диссертации **«Объект исследования, методы исследования физико-механических свойств износостойких твёрдых сплавов, а также исследования свойств порошков составляющих их основу»** представлены данные по объектам исследования, современным методикам и методам исследований физико-механических свойств твердых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта, выбору сырьевых материалов для изготовления твердых сплавов на основе карбида вольфрама-кобальта, представлена информация о свойствах использованных материалов.

В третьей главе диссертации **«Научно-практическое исследование влияния содержания углерода на качество образцов твердых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта»** проведены исследования технологии получения сырья твёрдых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта, исследование влияние на прочность количества углерода в порошке карбида вольфрама и его модификации твердых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта, представлены результаты по определению влияния количества углерода на циклическую прочность и абразивный износ твёрдых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта.

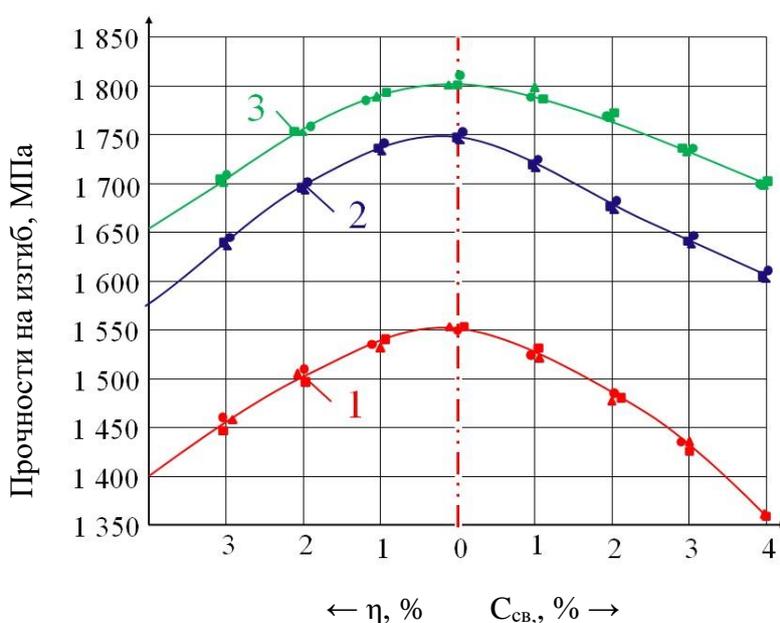
При изучении используемых в производстве порошков вольфрама установлено, что в их составе содержание металлического молибдена достаточно высокое. Для избавления от молибдена температуру процесса карбидизации повысили до 1800°C. В результате содержание молибдена снизилось в среднем до 0,015 процента. В процессе проведения исследований

установлено, что общее содержание углерода в образцах находится в пределах 6,06-6,14% и отличалось диапазоном Δ . Химический состав полученных порошков карбида вольфрама приведен в таблице 1.

1 – таблица.

Химический состав WC, полученного после процесса карбидизации

	Именованние	Обнаруживаемые элементы, %					
		W	C общ.	C св.	Fe	Mo	Прочее
1	WC-порошок	93,860	6,000	0,024	0,100	0,015	0,001
2	WC-порошок	93,805	6,000	0,020	0,170	0,017	0,003
3	WC-порошок	93,577	6,200	0,015	0,170	0,014	0,002
4	WC-порошок	93,646	6,200	0,020	0,120	0,013	0,001
5	WC-порошок	93,577	6,200	0,017	0,190	0,014	0,002
6	WC-порошок	93,189	6,300	0,043	0,450	0,015	0,003



VK6UDT5, VK6 от количества свободного углерода (C св.) и % содержания η-фазы.

1-VK6 (стандарт); 2-VK6UDT5 (с ультрадисперсными частицами); 3-VK6BN7 (с наночастицами);

Рисунок 1. Зависимость предела прочности на изгиб твердого сплава VK6BN7,

известно, что небольшое количество свободного углерода и его η-фазы в структуре уменьшает прочность твердых сплавов на основе вольфрама карбид-кобальт. Зависимость предела прочности на изгиб твердых сплавов VK6, VK6UDT5, VK6BN7 от количества углерода в нем представлена на рис. 1.

С целью установления влияния содержания углерода на свойства твердых сплавов на основе карбида вольфрама-кобальта были изготовлены спеченные образцы твердых сплавов марки VK6BN7. Для получения различных продуктов по общему содержанию углерода в образцах твердого сплава были выбраны разные режимы отжига. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Физико-механические свойства образцов твердого сплава ВК6НВ7, отожженных в различных режимах

№	C _{общ.} , %	Плотность, г/см ³	Твердость, HRA	Пористость, балл	Микроструктура	Температура, °С
1	5,35	14,83	91,0	Al ₁ В ₀ С ₀	Одинаковый	1340
2	5,35	14,82	91,1			1350
3	5,34	14,82	91,2			1360
4	5,32	14,83	91,1			1370
5	5,30	14,82	91,1			1380
6	5,26	14,83	90,8		η – фаза	1390
7	5,25	14,81	90,7			1390

В четвертой главе диссертации, названной **«Разработка технологии получения нанопорошков из отходов твердых сплавов на основе вольфрам карбида вольфрама»**, изложена технология получения порошков карбида вольфрама из твёрдых сплавов на основе карбида вольфрама методом электролиза, по очистке в среде аргона полученных при электролизе порошков вольфрам карбида, полученные результаты при разработке технологии метода само распространяющийся высокотемпературный синтез, нанопорошков вольфрам карбида.

Отходы твердых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальт могут быть переработаны с использованием в качестве электролита азотной или серной кислоты, а также их растворов переводя кобальт в раствор, а вольфрам в шлам в виде, или вольфрамовой кислоты, или вольфрам карбида.

При переработке в опытных условиях под воздействием **переменного тока** отходы абразивно изношенных отработанных пальцев, на основе вольфрам карбид-кобальта, с помощью азотной или серной кислоты электролизу не подвергаются.

Влияние на выход шлама режимов процесса электролиза и состава электролита при переработке под воздействием постоянного тока отходов абразивно изношенных отработанных пальцев, на основе вольфрам карбид-кобальта, с помощью азотной кислоты представлены в таблице 3.

3 - таблица

Условия электролиза пальца, поврежденного абразивным износом, при воздействии постоянного тока (t=12 часов, T=20°С, l=10 мм, V_{общ}=600 мл)

№	Раствор, %	Соль, г.	Масса полученного продукта, г.	Объем электролита, мл	Напряжение и сила тока	
	HNO ₃	NH ₄ NO ₃	шлам		Напряжение, В	Сила тока, А
4	9,50	2	41,0572	400	4	2,8
10	14,25	2	56,0730	410	4	3,06/2,8/2,9
6	19,00	2	52,9266	500	4	3,10
12	23,75	2	47,2048	392	4	3,06/2,6
8	28,50	2	50,5214	450	4	2,82

Образцы полученные из абразивно изношенных отработанных пальцев в виде шламов были отфильтрованы, высушены и приведены в состояние порошка. Морфологию поверхности и химический состав порошков карбида

вольфрама, полученных электролизом в присутствии азотной кислоты под воздействием постоянного тока, изучали с помощью сканирующего электронного микроскопа марки SEM-EVO MA 10.

Образцы, полученные в виде шлама в присутствии азотной кислоты под воздействием постоянного тока, были отфильтрованы и высушены. С целью исследования химического состава образцов их анализировали на приборе энергодисперсионной рентгеновской флуоресценции (EDXRF) (таблице 4).

4 – таблица

Состав порошка карбида вольфрама, полученного электролизом пальца в присутствии азотной кислоты (образец №6)

Обнаруживаемые элементы, %									
M	W	Al	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Ag	Sn
%	86,0000	0,6000	0,0833	0,1410	0,0165	0,0581	0,2040	0,0088	0,0417
M	Co	Te	Hf	Sb	Hg	Si	P	S	Cl
%	0,0945	0,0184	0,0194	0,0041	0,1520	11,1000	0,9340	0,2640	0,0144

Spectrum

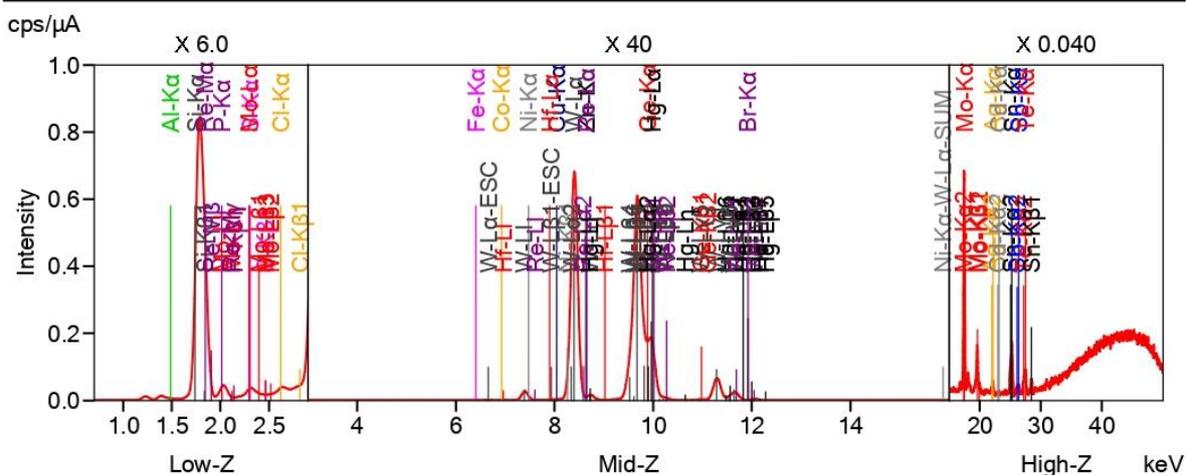


Рисунок 2. Химический состав порошка карбида вольфрама, полученного электролизом пальцевых отходов в присутствии азотной кислоты (образец № 6)

5 - таблица

Электролиз пальца, поврежденного абразивным износом с участием азотной кислоты под воздействие постоянного тока (t=12 часов, T=20°C, l=10 мм, V_{МКМ}=60 мл)

№	Раствор, %.	Соль, г.	Масса полученного продукта, г.	Объем электролита, мл	Напряжение и сила тока	
	HNO ₃	NH ₄ NO ₃	Шлам		Напряжение, В	Сила тока, А
4 ¹	9,5	2	41,0572	400	4	2,8/2,97/2,7
15	9,5	4	41,1580	450	4	2,94/2,24/2,0
17	9,5	6	42,7000	450	4	3,04/2,64/2,3
10 ¹	9,5	8	56,0730	410	4	3,06/2,8/2,9
6 ¹	9,5	10	56,9300	500	4	3,10/3,15
12 ¹	9,5	12	57,4800	392	4	3,06/2,6
2 ¹	9,5	14	42,8172	500	4	2,6

Анализ результатов представленных в таблице 6 показывает, что увеличение содержания соли восстановителя от 2 г до 12 г приводит к

увеличению образующего шлама, а при увеличении его более 12г количество образующего шлама уменьшается. Это объясняется увеличением столкновений при увеличении концентрации ионов в растворе, а также уменьшением относительной электропроводности.

Влияние на выход шлама режимов процесса электролиза и состава электролита при переработке под воздействием постоянного тока отходов абразивно изношенных отработанных пальцев, на основе вольфрам карбид-кобальта, с помощью серной кислоты представлены в таблице 6.

6 – таблица

Электролиз пальца, поврежденного абразивному износу, в присутствии серной кислоты под воздействием постоянного тока (t=12 часов, T=20°C, l=10 мм, V_{общ}=600 мл)

№	Объём, %.	Соль, г.	Масса полученного продукта, г.	Объём электролита, мл	Напряжение и сила тока	
	H ₂ SO ₄	(NH ₄) ₂ SO ₄	шлам		Напряжение, В	Сила тока, А
7	8,167	2	32,8459	550	4	2,46
3	16,330	2	43,0405	425	4	2,9
9	24,500	2	35,1463	500	4	2,7
5	32,670	2	5,1281	600	4	2,3
11	40,830	2	0,2500	565	4	0,8-0,11-0,77
13	49,000	2	–	600	4	0,11/0,07

Анализ результатов представленных в таблице 8 показывает, что увеличение содержания соли восстановителя от 2 г до 10 г приводит к увеличению образующего шлама, а при увеличении его более 10 г количество образующего шлама уменьшается. Это объясняется увеличением столкновений при увеличении концентрации ионов в растворе, а также уменьшением относительной электропроводности.

7 - таблица

Электролиз пальца, поврежденного абразивным износом, в присутствии серной кислоты под действием постоянной силы (t=12 часов, T=20°C, l=10 мм, V_{общ}=600 мл)

№	Объём, %.	Соль, г.	Масса полученного продукта, г.	Объём электролита, мл	Напряжение и сила тока	
	H ₂ SO ₄	(NH ₄) ₂ SO ₄	шлам		Напряжение, В	Сила тока, А
3	16,33	2	43,0405	425	4	2,9
14	16,33	4	40,4875	479	4	2,78/2,38/2,7
16	16,33	6	40,5300	470	4	2,80/2,74/2,6
18	16,33	8	63,5400	480	4	2,84
19	16,33	10	63,6360	510	4	3,4
21	16,33	12	28,4200	402	4	2,7
22	16,33	14	30,6500	500	4	3,9

Образцы, полученные в виде шлама, в присутствии серной кислоты под воздействием постоянного тока были отфильтрованы и высушены. С целью изучения химического состава полученных порошков карбида вольфрама

образец № 21 был проанализирован с помощью энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного прибора (EDXRF) (табл. 8).

8 – таблица

Химический состав полученного порошка карбида вольфрама, в процессе электролиза отходов пальцев в серной кислоте (образец № 21)

Обнаруживаемые элементы, %									
M	W	Al	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Ag	Sn
%	81,0000	0,5340	0,0701	0,1130	0,0337	0,0450	0,5050	0,0095	0,0453
M	Co	Te	Ti	Sb	Hg	Si	P	S	–
%	0,4250	0,0216	0,1860	0,0066	0,1590	8,2500	0,723	7,8300	–

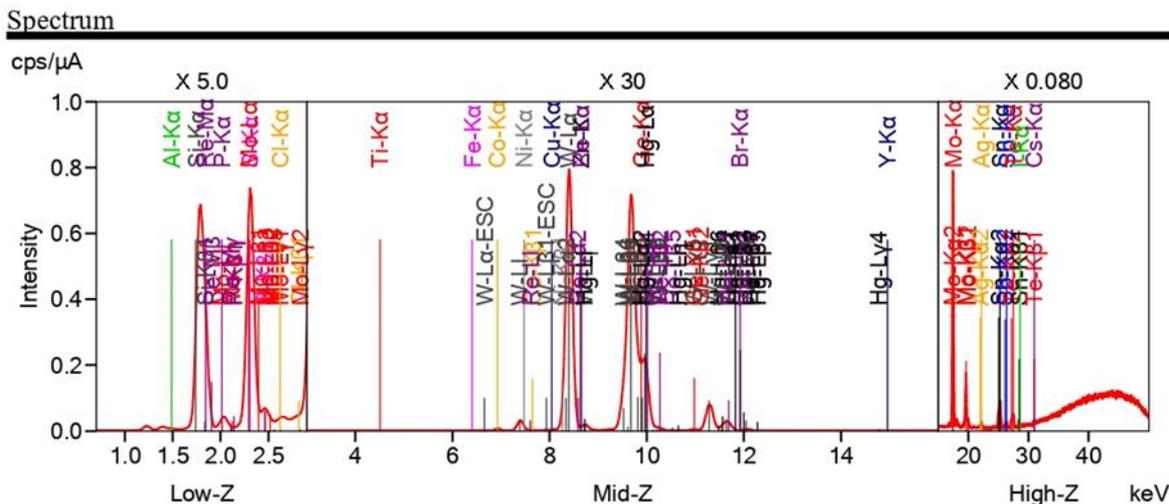


Рисунок 3. Химический состав порошка карбида вольфрама, полученного электролизом пальцевых отходов в присутствии азотной кислоты (образец № 21)

Как видно из таблицы 9 в образце №21 имеются вредные для процесса спекания металлы (Al, Fe, Ni, Cu, Zn, Mo, Ag, Sn, Te, Ti, Sb, Hg), однако являющийся связывающим твердых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальт Co полностью растворился (98-99%).

Влияние на выход шлама режимов процесса электролиза и расстояния между катодом и анодом при переработке под воздействием постоянного тока отходов абразивно изношенных отработанных пальцев с помощью серной кислоты представлены в таблице 9.

9 - таблица

Результаты электролиза в серной кислоте под воздействием постоянного тока абразивно изношенных пальцев (t=12 часов, m_{соль} =12г, T=20°C, V_{общ}=600 мл)

№	Раствор, %.	Расстояние между катодом и анодом, мм	Масса полученного продукта, г. шлам	Объем электролита, мл	Напряжение и сила тока	
	H ₂ SO ₄				Напряжение, В	Сила тока, А
3 ¹	16,33	10	43,0405	450	4	3,9
22 ¹	16,33	20	30,6500	450	4	3,9
23	16,33	30	25,9800	475	4	2,5/2,1
24	16,33	40	27,9500	500	4	3,78/3,74
25	16,33	50	20,9800	550	4	2,45/1,27

Образцы шлама, полученного электролизом при добавлении 12г (NH₄)₂SO₄ были отфильтрованы и высушены. Проведен анализ химического состава полученных порошков карбида вольфрама (табл. 10).

10 – таблица

Химический состав порошка карбида вольфрама, полученного при электролизе в серной кислоте отходов пальцев (образец № 25)

Обнаруживаемые элементы, %									
M	W	Al	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Ag	Sn
%	80,9000	0,5620	0,0641	0,1230	0,0173	0,0433	0,414	0,0100	0,0413
M	Co	Te	Hf	Ti	Sb	Hg	Si	P	S
%	0,2860	0,0190	0,1920	0,1960	0,0041	0,1560	9,260	0,7780	6,9500

Spectrum

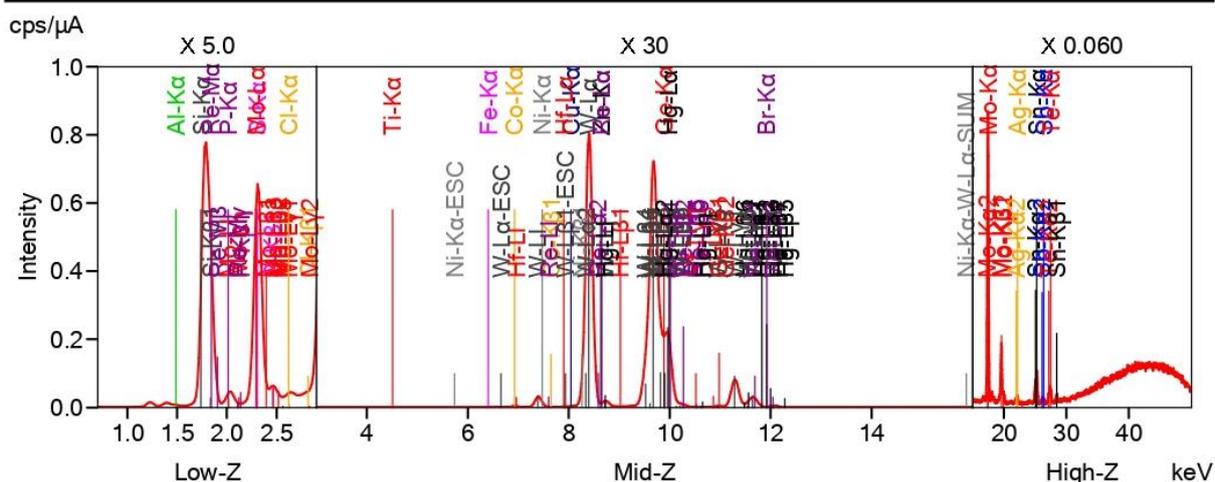


Рисунок 4. Химический состав порошка карбида вольфрама, полученного электролизом пальцевых отходов в присутствии азотной кислоты (образец № 25)

Как видно из таблицы 10 в образце №25 имеются вредные для процесса спекания металлы (Al, Fe, Ni, Cu, Zn, Mo, Ag, Sn, Te, Hf, Ti, Sb, Hg), однако являющийся связывающим твердых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальт Co полностью растворился (98-99%).

Еще одним фактором, сильно влияющим на процесс электролиза, является площадь поверхности катода и анода. Чем больше площадь поверхности катода и анода, тем больше шлама образуется в процессе (11 - табл.).

11 - таблица

Зависимость выделяемого шлама от площади поверхности катода (t=12 часов, l=20 мм, T=20°C, V_{общ}=600 мл)

№	Раствор, мл.	Соль, г.	Масса полученного продукта, г.	Поверхность катода, см ²	Напряжение и сила тока	
	H ₂ SO ₄	(NH ₄) ₂ SO ₄	Шлам		Напряжение, В	Сила тока, А
3 ²	16,33	10	64,64	100	4	2,9/3,0
22 ²	16,33	10	130,29	200	4	3,0/3,1
23 ¹	16,33	10	329,20	500	4	2,9/3,3
24 ¹	16,33	10	664,41	1000	4	2,9/3,2
25 ¹	16,33	10	1293,82	2000	4	3,1/3,2

Из данных, приведенных в таблице 11 видно, что чем больше площадь контакта с электролитом катода, изготовленного из отходов твердых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта, тем больше будет выделяться шлам.

После окончания процесса электролиза шламы отфильтровывали, промывали и приводили в состояние порошка высушиванием в вакуумном шкафу при температуре 50-80°C. Определен химический состав высушенных порошков. Полученные результаты показали, что порошки недостаточно чисты для использования в производстве твердых сплавов. Установлено, что они содержат небольшое количество кислотных остатков, не перешедший в раствор металлический кобальт, небольшое количество оксидов вольфрама и небольшое количество вольфрамовой кислоты. Чтобы полностью избавиться от кобальта, порошки смешивали и фильтровали 3 раза по 45 минут в растворе, используемом в качестве электролита. После трехкратной промывки и фильтрования металлический кобальт в порошке не обнаружен (табл. 12).

12 – таблица

Химический состав порошка карбида вольфрама, полученного из отходов пальцев

Обнаруживаемые элементы, %								
M	W	Al	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Ag
%	87,1000	0,2870	0,1230	0,1500	0,0444	0,0532	0,5340	0,0113
M	Sn	Te	Hf	V	Hg	Si	P	S
%	0,0475	0,0191	0,2190	0,1940	0,1500	6,750	0,2980	3,970

Spectrum

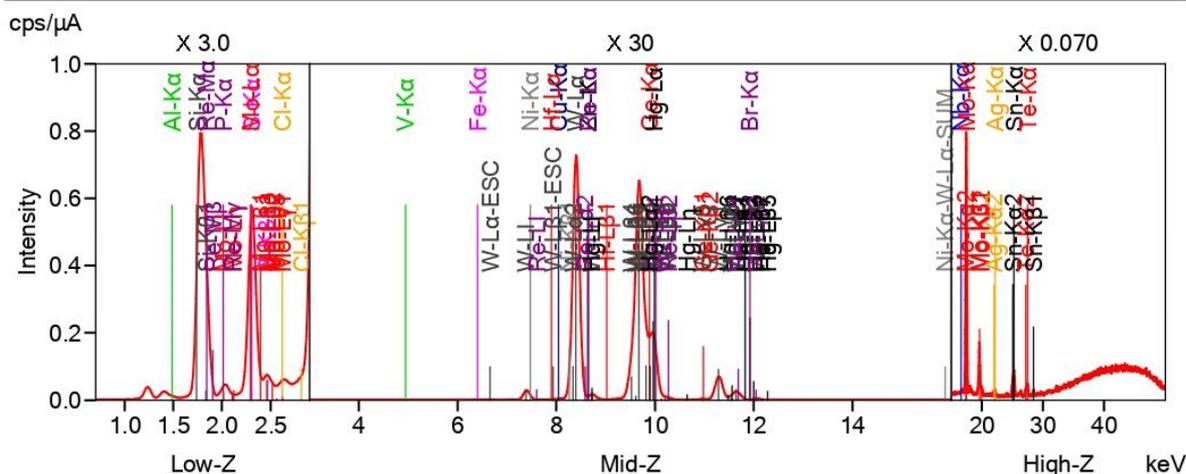
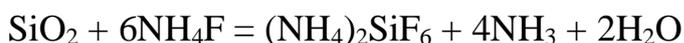


Рисунок 5. Химический состав порошка карбида вольфрама, полученного из пальцевых отходов

В результате внедрения в производство технологии переработки отработанных в отход абразивно изношенных пальцев марки ВК6 с применением кислот: кобальт входящий в состав отходов пальцев переведен до 99.9% в раствор, а также содержание железа в шламе уменьшено с 5-6% до 0.5%. (Акт «Навоинского машиностроительного завода» от 05.08.2024 и справка №23/01-01-07/436 АО «Навоинский ГМК» от 06.08.2024).

С целью избавления от оксида кремния, содержащегося в полученных образцах, был проведен процесс обработки порошка карбида вольфрама фторидом аммония (NH₄)F по следующей реакции:



Процесс получения чистых порошков карбида вольфрама из порошков с вредными примесями металлов проводят в вакуумных электропечах при температуре 1000°C в среде аргона. Поскольку аргон является инертным газом, он не вступает в химическую реакцию ни с одним из компонентов порошка, а вредные присадки в порошке (остатки кислоты, окисленный вольфрам, вольфрамовая кислота) удалялись под воздействием температуры. Химический состав порошков карбида вольфрама, прошедших процесс очистки, представлен в таблице 13.

Таблица 13

Химический состав очищенных порошков карбида вольфрама

Обнаруживаемые элементы, %									
M	W	Al	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Ag	Sn
%	93,6240	0,0187	0,0119	0,0150	0,0312	0,0325	0,0534	0,0113	0,0147
M	Co	Te	Hf	V	Hg	Si	P	S	C
%	–	0,0111	0,0192	0,0194	0,0150	0,0121	0,0002	0,0003	6,1100

Определено количество углерода, содержащегося в порошках карбида вольфрама, прошедших электролиз, фильтрацию и очистку, результаты представлены в таблице 14.

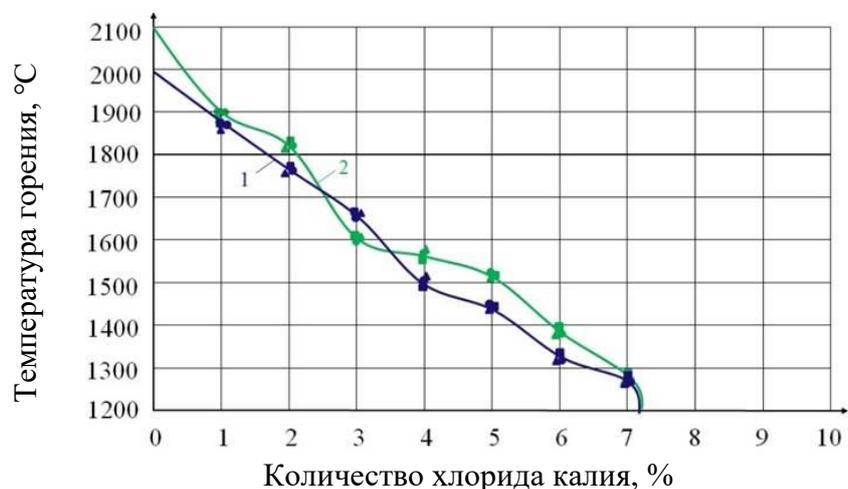
Таблица 14

Количество углерода, содержащегося в порошках карбида вольфрама, прошедших стадии электролиза, фильтрации и очистки

Порядковый номер образцов	№1	№2	№3	№4	№5
C_{um.}	6,14%	6,08%	6,12%	6,06%	6,07%
C_{erk.}	0,04%	0,02%	0,04%	0,03%	0,10%

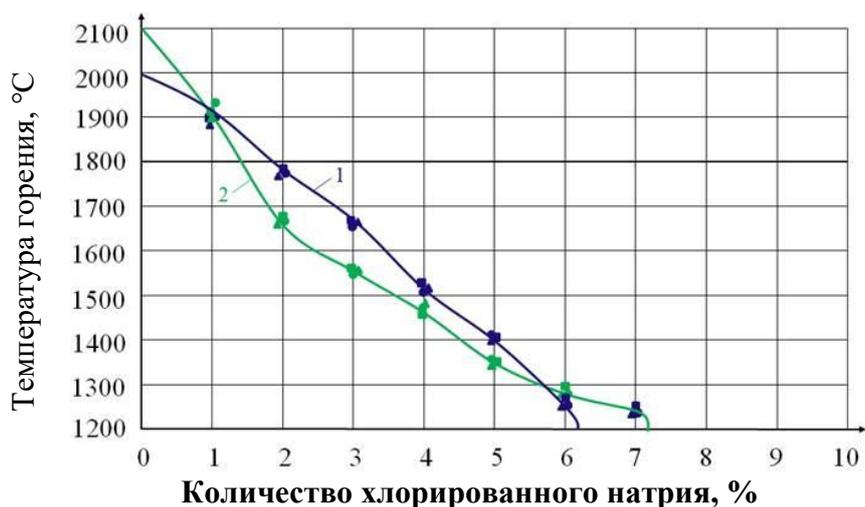
С целью разработки технологии получения нанопорошков вольфрам карбида методом синтеза в условиях по не многу рассеивающийся температуры были изготовлены 4 типа шихты: №1 WC+нитроцеллюлоза ($[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_{3-x}(\text{ONO}_2)_x]_n$) + KCl (1-10%); №2 WC + нитроцеллюлоза + NaCl (1-10%); №3 WC+нитроцеллюлоза + K₂CO₃ (1-10%); № 4 WC+ перхлорвиниловая смола (C₆H₈ Cl₁₄).

Изначально готовили пробы с содержанием KCl для смеси WC+нитроцеллюлоза+KCl в противоточном и прямоточном режимах фильтрации с различным процентным содержанием KCl.



1) в режиме противоточной фильтрации; 2) в режиме фильтрации движения
Рисунок 6. Зависимость температуры горения от содержания KCl в приведенных образцах шихт

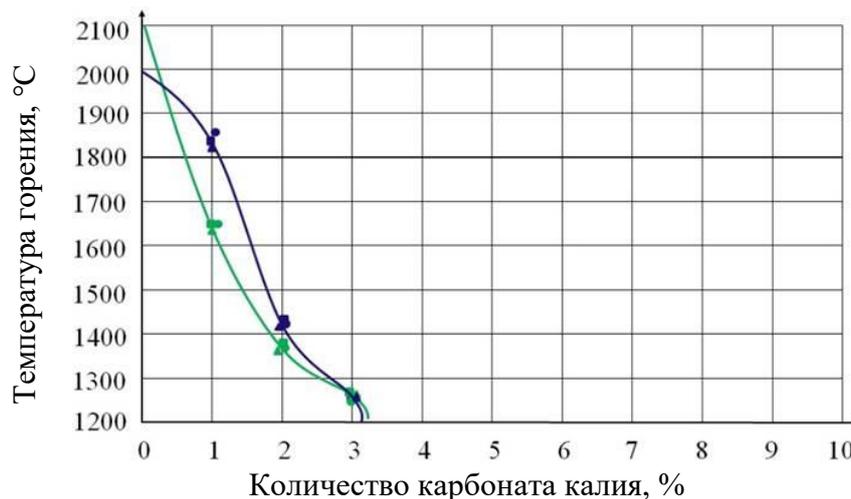
Для образцов шихт WC+нитроцеллюлоза+KCl увеличение количества KCl приводит к снижению температуры горения. При достижении количества KCl в исходных образцах шихт 8%, процесс противоточной фильтрации не происходил. Для образцов, содержащих WC+нитроцеллюлоза+KCl, в режиме противоточной фильтрации увеличение количества KCl в исходных твердых пробах приводит к снижению температуры горения.



1) в режиме противоточной фильтрации; 2) в режиме фильтрации движения
Рисунок 7. Зависимость температуры горения от содержания NaCl в приведенных образцах шихт

При достижении количества NaCl в смеси 6 % температура горения падает до 1250°C, при достижении 7 % NaCl образец не горит в режиме противоточной фильтрации. В результате проведенных научно-практических исследований в режиме проточной фильтрации установлено, что увеличению содержания NaCl в образцах шихты до 7% температура горения уменьшается до 1250°C, от 2100°C, смеси с содержанием NaCl 8% и выше не горят. При исследовании полученных порошков было установлено, что конечный продукт представляет собой полидисперсный порошок с размером частиц до 100 микрон, но при

увеличении в электронном микроскопе – обнаружены агломераты наночастиц с размером частиц 150-400 нм.



1) в режиме противоточной фильтрации; 2) в режиме фильтрации движения
Рисунок 8. Зависимость температуры горения от содержания K_2CO_3 в приведенных образцах шихт

Из рисунка 8 видно, что добавление небольшого количества K_2CO_3 в образцы шихт приводит к значительному снижению температуры горения, чем остальные исследованные соли, при содержании K_2CO_3 3% температура горения снижается до $1250^{\circ}C$. Однако смеси с содержанием K_2CO_3 более 4% в режиме противоточной фильтрации не горят.

В пятой главе диссертации на тему «**Разработка состава и технологии спекания износостойкого твердого сплава на основе вольфрама карбид-кобальта**», представлены результаты по: разработке технологии спекания износостойкого твердого сплава на основе вольфрама карбид-кобальта, определению влияния количества модификатора на структуру и физико-механические свойства твердого сплава на основе вольфрама карбид-кобальта, установлению зависимости на образцах твердых сплавов на основе вольфрама карбид-кобальта показатели предела прочности на изгиб и противодействие циклических ударов от количества модификатора, проведению апробаций в эксплуатационных условиях пальцев и дотол на основе модифицированных вольфрам карбид-кобальта.

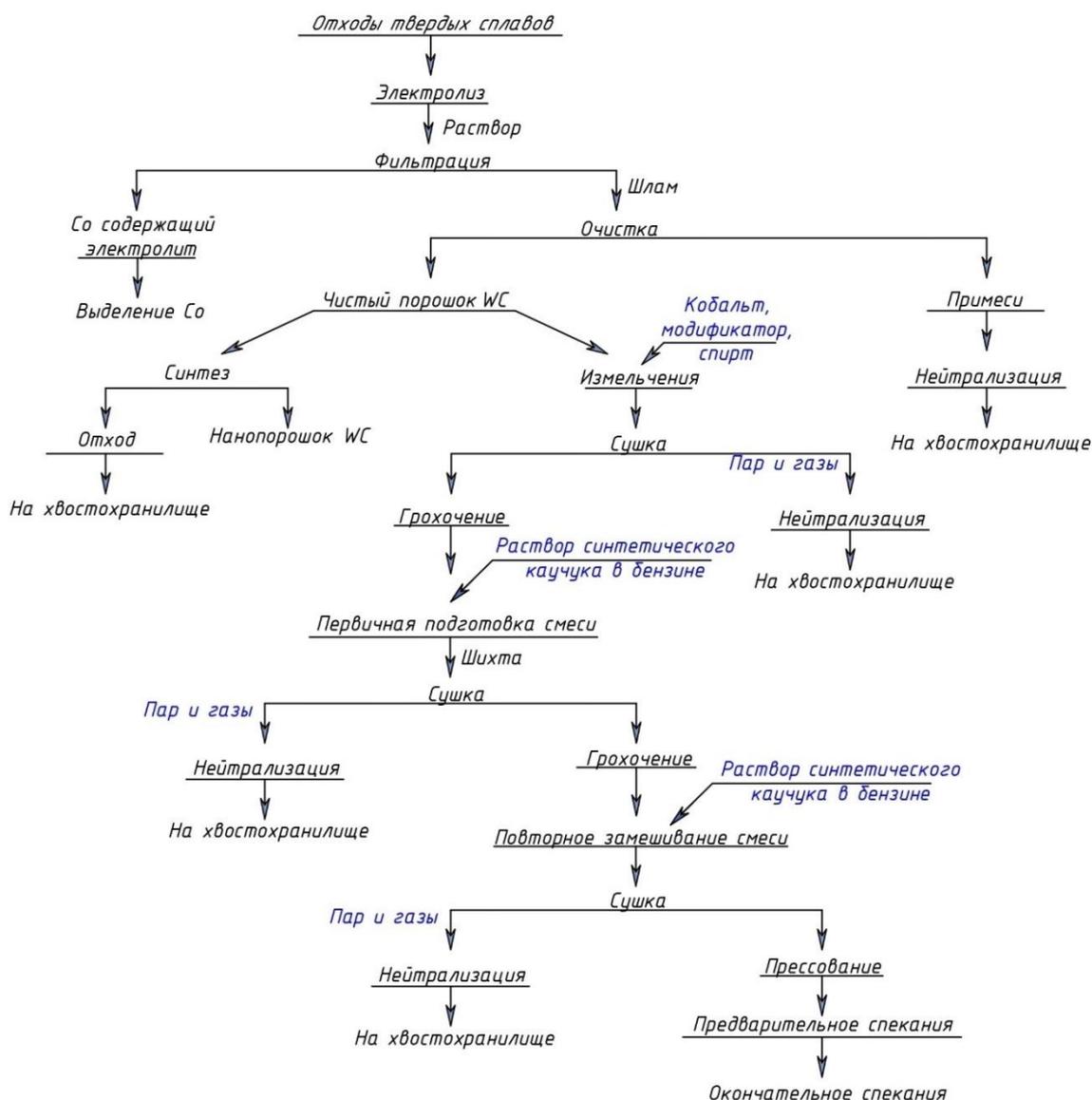
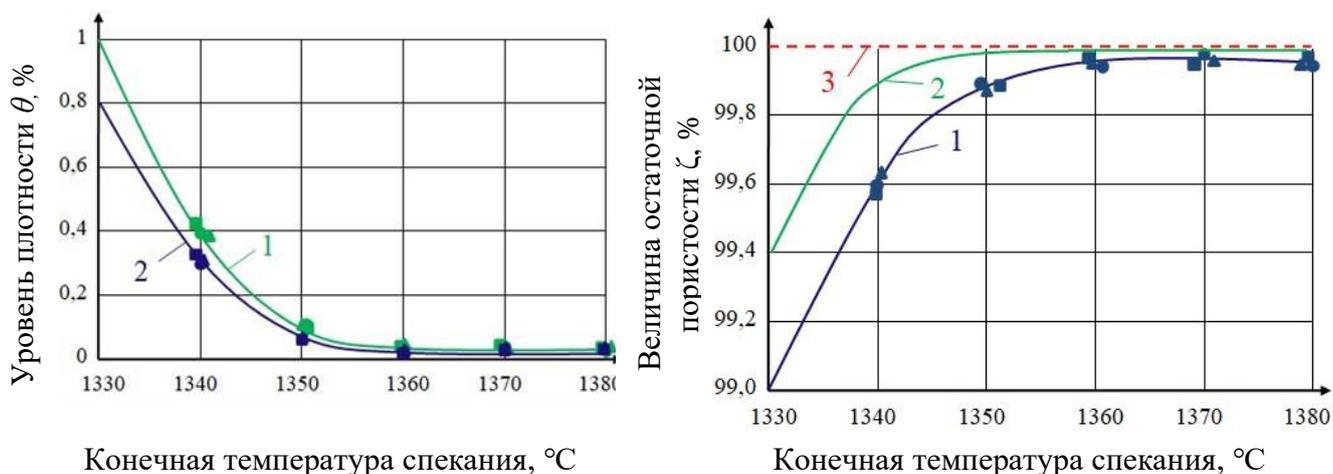


Рисунок 9. Технологическая схема производства твёрдых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта модифицированных различными модификаторами.



1-89%WC+6%Co+5%TiC; 1-87%WC+6%Co+7%WC; 3-ВК6 (стандарт)
 Рисунок 10. Графики изменения степени плотности (а) и остаточной пористости (б) от конечной температуры в модифицированных образцах

На рисунке 10 на основе экспериментальных результатов в графическом виде показаны изменения на образцах зависимости от конечной температуры степени уплотнения, остаточной пористости и плотности.

Анализ результатов указывает на то, что с увеличением конечной температуры спекания на каждом из двух образцов имеющих соответственно состав: 90%WC+6%Co+4%TiC; 90%WC+6%Co +4%WC увеличивается степень уплотнения и уменьшается остаточная пористость.

В интервале температур от 1330°C до 1350°C степень плотности образцов резко возростала, а в температурах от 1350°C до 1360°C увеличивалась очень медленно. Одним из причин этого может быть растворение порошков кобальта и медленное распространение жидкого кобальта между порошками вольфрам карбида. В образцах обоих составов степень уплотнения, достигнутая при увеличении температуры 1360°C до температуры 1380°C осталась неизменной. Основная причина этого жидкий кобальт который при температуре 1380°C в течении 20 минут равномерно распределяется по объёму образца. Составлен график по определённым значениям плотности модифицированных образцов различного состава, спечённых при температурах 1360°C и 1380°C (рис. 11).

На основе результатов исследований по определению влияния количества модификаторов на плотность образцов, при окончательном спекании, в интервале температур 1360°C до 1380°C в зависимости от количества в составе порошка TiC уменьшается от 14,8 г/см³ до 13,88 г/см³, наблюдение этого естественно, потому что плотность TiC (4,93 г/см³) меньше плотности WC (15,63 г/см³). Плотность образцов, модифицированных нанопорошком и подвергнутых окончательному спеканию при температурах 1360°C а также 1380°C, увеличилась с 14,8 г/см³ до 14,9 г/см³. Это указывает об относительном растворении нанопорошков в связывающем кобальте.

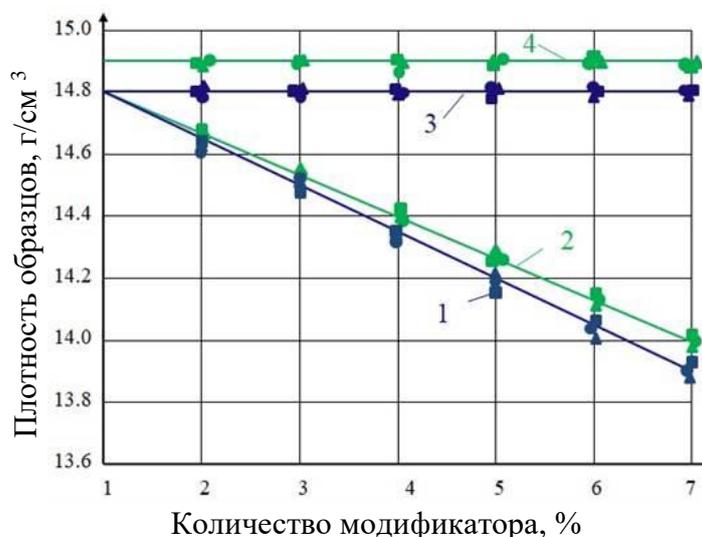
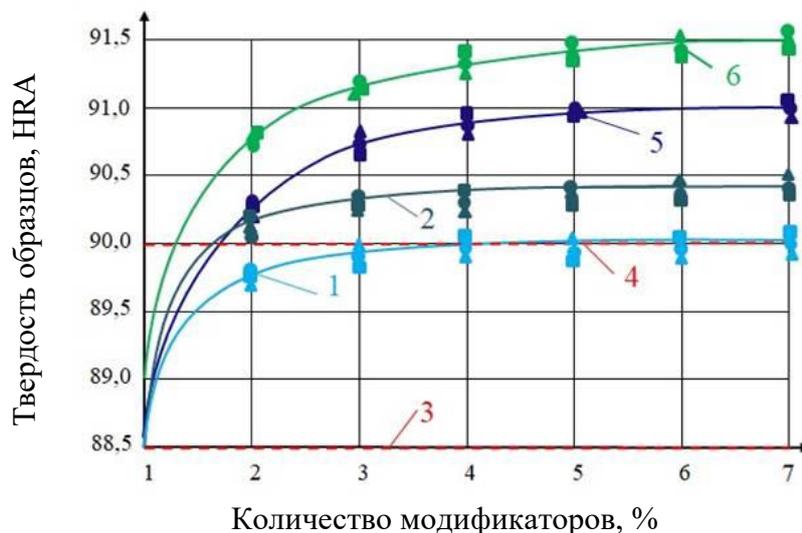


Рисунок 11. Влияние количества ультрадисперсных нанопорошков TiC (а) и WC (б) на плотность образцов: а) при температуре 1-1360°C; температура 2-1380°C; б) при температуре 3-1360°C; при температуре 4-1380°C

В последующем определили влияния количества модификаторов на твердость образцов на основе карбида вольфрама-кобальта. Для этого твердость каждого образца определяли методом Роквелла.



а) 1-Т15К6 (штатный); 2-ВК6 (стандарт); б) при температуре 3 -1360°C; при температуре 4 - 1380°C; в) при температуре 5 - 1360°C; при температуре 6 - 1380°C

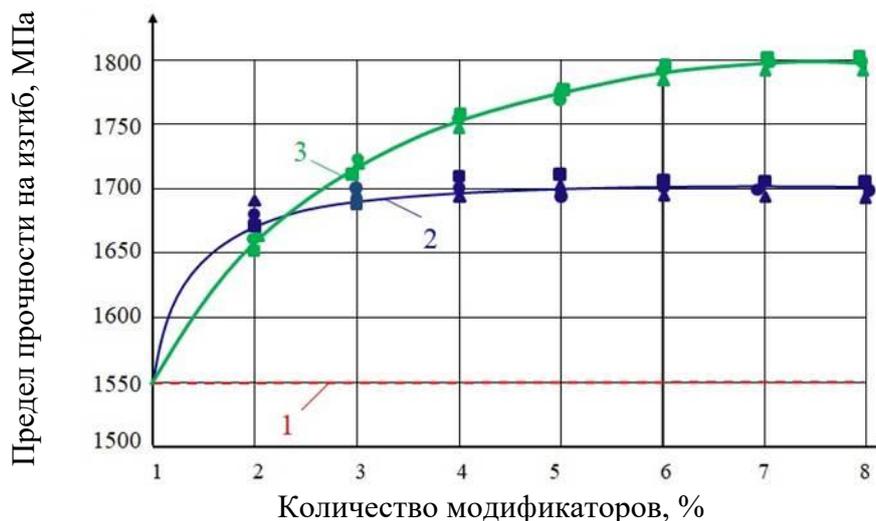
Рисунок 12. Влияние количества ультрадисперсных нанопорошков TiC (б) и WC (в) на твердость образцов

На основании результатов исследований проведённых по определению зависимости влияния количество ультрадисперсного порошка TiC на твердость окончательно спечённых образцов при температуре 1360°C в течение 20 минут увеличилось от 88,5 HRA до 90,0 HRA. При температуре 1380°C твердость образцов увеличилась с 88,5 HRA до 90,5 HRA, и этот показатель на 2 HRA выше твердости стандартных твердых сплавов ВК6 и на 0,5 HRA выше твердости стандартных сплавов Т15К6. Однако в обожженных при двух этих температурах образцах увеличение содержания на каждом тесте на 4% ультрадисперсного порошка TiC не приводило к значительному изменению прочности. Одной из основных причин этого является насыщение связующего кобальта ультрадисперсными частицами TiC.

На основании результатов исследований, проведённых по определению зависимости влияния количество ультрадисперсного порошка WC на твердость окончательно спечённых образцов при температуре 1360°C в течение 20 минут, увеличилось от 88,5 HRA до 91,0 HRA. При температуре 1380°C твердость образцов увеличилась с 89,0 HRA до 91,5 HRA, и этот показатель на 3 HRA выше твердости стандартных твердых сплавов ВК6 и на 1,0 HRA выше твердости стандартных сплавов Т15К6. Однако в обожженных при двух этих температурах образцах увеличение содержания на каждом тесте на 6% ультрадисперсного порошка WC не приводило к значительному изменению прочности. Одной из основных причин этого является насыщение связующего кобальта модификаторами.

По полученным результатам образец твердого сплава на основе вольфрам карбид-кобальта демонстрирует предел прочности при поперечном изгибе в

зависимости от количества порошка TiC, в зависимости от количества нанопорошка WC представлены графически на рисунке 13.



1- ВК6 (стандартный); 2- WC+TiC (с ультрадисперсными частицами); 3- WC+WC (с наночастицами)

Рисунок 13. График изменения предела прочности образцов при поперечном изгибе в зависимости от количества модификаторов.

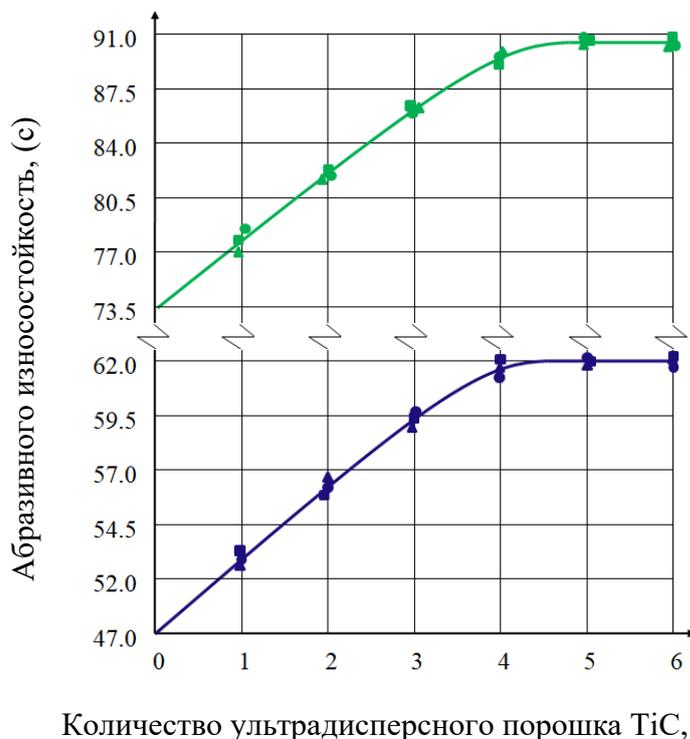
По полученным результатам введение в твердые сплавы на основе карбида вольфрама-кобальта от 1% до 6% ультрадисперсного порошка TiC повышает предел прочности материала на поперечный изгиб с 1550 МПа до 1700 МПа, введение от 1% до 8% нанопорошка WC повышает предел прочности материала на поперечный изгиб с 1550 МПа до 1800 МПа, то есть в среднем на 150-250 МПа больше предела прочности на изгиб стандартных твердых сплавов ВК6.

Далее для исследования влияния количества модификаторов на абразивное изнашивание и циклическую ударную стойкость образцов твердых сплавов на основе карбида вольфрама-кобальта были изготовлены образцы.

На основе результатов полученных при испытаниях влияния количества модификаторов на абразивное изнашивание и циклическую ударную стойкость образцов твердых сплавов на основе карбида вольфрама-кобальта был построен график (рис. 14).

Согласно графику на рисунке 14, на образцах твердого сплава на основе вольфрам карбид-кобальта увеличение количества модификаторов не зависимо от угла напыления песка значительно влияло на их абразивный износ.

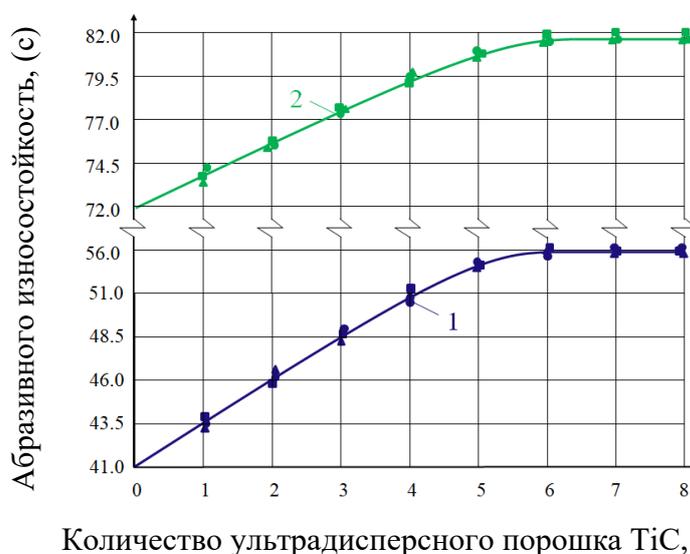
Например, в образцах, модифицированных обоими модификаторами, увеличение количества модификатора (до 5 % ультрадисперсного порошка TiC, до 7 % нанопорошка WC) увеличивало абразивный износ материала, но при определенном количестве модификаторов (при увеличении количества более 5% ультрадисперсного порошка TiC, при увеличении количества более 7% наночастиц WC) не влияло на стойкость абразива к истиранию.



1 - место песчаной посыпка(σ) 45°; 2 - место россыпи песка (σ) 90°

Рисунок 14. График изменения абразивного износа твёрдых сплавов марки ВК6 в зависимости от количества ультрадисперсный TiC

На основе результатов испытаний противодействия на циклическую ударную стойкость образцов твердого сплава на основе вольфрам карбид-кобальта составлен график зависимости от количества модификатора (рис. 15).



1 - место песчаной посыпка(σ) 45°; 2 - место россыпи песка (σ) 90°

Рисунок 15. График изменения стойкости абразивного износа твердого сплава марки ВК6 в зависимости от количества нанопорошка WC

Согласно графику рисунку 17, в образцах твердых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта увеличение количества модификаторов оказывает значительное влияние на циклическую ударную стойкость. В образцах,

модифицированных модификаторами ультрадисперсными TiC и нанопорошками WC при увеличении количество модификатора (до тех пор, пока количество ультрадисперсного порошка TiC не достигло 5 %, а количество нанопорошка WC не достигло 7 %), увеличилась периодическая ударная стойкость материала, но при достижении определенного количества модификаторов (ультрадисперсного TiC более 5%, нанопорошков WC более 7%) это не влияло на циклическую ударную стойкость.

15 - таблица

Эксплуатационные показатели пальцев

Показатели эксплуатационного имущества	В настоящее время используется	Основание для одобрения	
		89% WC+6% Co+5% TiC	87% WC+6% Co+7% WC
Материалы пальца	94% WC+6% Co	89% WC+6% Co+5% TiC	87% WC+6% Co+7% WC
Общий ресурс работы пальцев, час.	110	125	137
Всего измельченной руды, т	24 500	27 500	30 250
Количество замененных пальцев, шт.	3	3	3
Расход пальца, т/г	14,15	16,08	17,69

При этом общее рабочее время, затраченное на замену пальцев, составило 55 минут. Средняя потеря массы пальцев составляет 16,08 т/г для образцов с содержанием 89%WC+6%Co+5%TiC и 17,69 т/г для образцов с содержанием 87%WC+6%Co+7%WC. В таблице 15 приведено сравнение эксплуатационных показателей пальцев, полученных при их апробации с применяемыми в настоящее время на предприятиях.

В тоже время в результате внедрения в производство твердых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта модифицированных нанопорошками вольфрам карбида достигнуто: увеличение степени чистоты порошка вольфрам карбида до 99,9%; снизилась пористость деталей из твердых сплавов на 8-10 %; твердость деталей из твердого сплава на основе карбида-кобальта увеличилась на 10-12%; срок службы твердосплавных деталей увеличился на 10-12%; увеличилась износостойкость деталей из твердых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта на 10-12%; уменьшены энергозатраты на 11-13% при производстве твердых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта. (Акт НПО «По производству редких металлов и твердых сплавов» от 06.03.2024 и справка «Алмалык ГМК» № СЛ-239 от 07.03.2024).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований по диссертации доктора технических наук (DSc) на тему «Разработка новых технологических принципов

получения износостойких твердых сплавов на основе карбида вольфрама-кобальтовых составляющих», представляются следующие научные и прикладные выводы:

1. Установлены зависимости качества твердых сплавов от среды карбидизации. количества общего, η -фазного и свободного углерода. Это служит для увеличения физико-механических и эксплуатационных свойств твердых сплавов на основе вольфрам-кобальта.

2. Показана зависимость переработки отходов твердых сплавов методом электролиза от: природы и концентрации электролита, концентрации и природы восстановителя, расстояния между катодом и анодом, а также от площади поверхности взаимодействующего раствора, продолжительности процесса, типа обрабатываемого сплава и требований предъявляемых к получаемому шламу. Это служит для переработки твердых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта экологически чистым, эффективным и экономичным способом.

3. Разработана и рекомендована технология переработки абразивно изношенных отходов пальцев марки ВК6 с применением кислот. Это служит при переводе имеющегося в составе отходов пальцев кобальта на 99,9% в раствор и уменьшения количества железа от 5-6% до 0,5%.

4. Разработана и рекомендована новая технология получения порошков чистого вольфрам карбида основанная на очистке при высоких температурах в аргоновой среде шлама образованного в результате перехода в виде ионов связующего кобальта в процессе электролиза отходов твердых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта. Это служит для производства чистого порошка карбида вольфрама чистотой 99,9% из отходов твердого сплава карбида вольфрама.

5. Разработана и рекомендована новая технология получения нанопорошков карбида вольфрама, основанная на синтезе чистых порошков карбида вольфрама, полученных при производстве твердых сплавов, с солями, не взаимодействующими с ними. Это служит для разработки технологии производства нанопорошков карбида вольфрама из отходов твердого сплава на основе карбида вольфрама, который при использовании в твердосплавных деталях имеет на 8-10% меньшую пористость.

6. Разработана и рекомендована для применения в горнодобывающей промышленности новый химический состав износостойких твердых сплавов на основе вольфрам карбид-кобальта получаемый модификацией нанопорошков твердых сплавов на основе вольфрам карбида. Это служит для получения композиции твердого сплава на основе вольфрам карбид-кобальта, модифицированной нанопорошками карбида вольфрама, который имеет увеличенный на 10-12% срок службы.

7. Разработана и рекомендована технология увеличения к истиранию изготовленных из износостойких твердых сплавов марки ВК6ВН7 деталей спеканием в вакууме и инертной среде, не растворяя в связывающем кобальте для измельчения и бурения. Это применено в технологии производства износостойкого твердого сплава на основе вольфрам карбид-кобальта,

получаемого из модифицированных нанопорошков вольфрам карбида, износостойкость которого на 10-12% выше.

8. Разработан и рекомендован режим спекания в относительно низких температурах модифицированного нанопорошками вольфрам карбида в износостойкие твёрдые сплавы на основе вольфрам карбид–кобальта на основе графика зависимости количества углерода и модификатора, давления прессования, температуры спекания, продолжительности спекания. Это используется для разработки режима спекания, с меньшими энергозатратами на 11-13% износостойкого твёрдого сплава на основе вольфрам карбид-кобальта, получаемого из модифицированных нанопорошков вольфрам карбида.

9. Разработаны и рекомендованы детали с новым составом, износостойкость которых при дроблении и сверлении полезных ископаемых на 10-12% больше по сравнению с деталями марки ВК6, получаемых, не растворяя в связывающем кобальте частиц нанопорошков вольфрам карбида, на основе оптимальных значений температуры спекания обеспечивая относительно высокие показатели предела прочности на изгиб, твердости и износостойкости. Это служит при производстве деталей износостойкость, которых при измельчении и бурении руд на 10-12% больше по сравнению с деталями марки ВК6.

10. На основе результатов исследований проведённых расширенных лабораторных и полупромышленных испытаний разработана и рекомендована технологическая схема спекания твердых сплавов на основе вольфрам карбид–кобальта, изготовленных из модификатора полученных модификацией отходов твёрдых сплавов. Это позволяет достичь на основе проведённых расчётов, по отношению к применяемой технологии, экономического эффекта до 1млрд. 101млн. сум при применении одного цикла разработанной технологии.

11. Полученные аналитические результаты позволяют обосновать получение твёрдых сплавов на основе вольфрам карбид–кобальта, их переработку, развитие теории прочности и зависимость конечной прочности от количества углерода и модификатора. Это позволяет разработать требования к новым технологическим принципам получения твердых сплавов на основе вольфрам карбид–кобальта.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.17/04.06.2021.T.06.01 AT NAVOI STATE UNIVERSITY OF MINING
AND TECHNOLOGIES**

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY NAMED AFTER ISLAM
KARIMOV**

PARMONOV SARVAR TOSHPULATOVICH

**DEVELOPMENT OF NEW TECHNOLOGICAL PRINCIPLES FOR
PRODUCING WEAR-RESISTANT HARD ALLOYS BASED ON TUNGSTEN
CARBIDE-COBALT COMPONENTS**

**05.02.01 – Material science in mechanical engineering. Foundry production. Thermal and
pressure treatment of metals. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals**

**DISSERTATION ABSTRACT
for the Doctor of TECHNICAL SCIENCES (DSc)**

Navoi – 2024

The theme of dissertation Doctor of Sciences (DSc) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of higher education, science and innovations of the Republic of Uzbekistan under № B2023.3.DSc/T666.

The dissertation was completed at the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov. The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian and English (resume)) on the website of the Scientific Council (www.nsumt.uz) and on the information and educational portal «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Scientific Consultant:	Sharipov Kongratbay Avezimbetovich Doctor of Technical Sciences, Professor
Official opponents:	Turakhodjaev Nodir Djakhongirovich Doctor of Technical Sciences, Professor Pirmatov Eshmurat Azimovich Doctor of Technical Sciences, Professor Matkarimov Sokhibjon Turdalievich Doctor of Technical Sciences, Professor
Leading organization:	Branch of National University of Science and Technology “MISiS” in Almalyk.

The defense of the dissertation will be held on «28» 09 2024 at 11⁰⁰ at the meeting of the Scientific Council DSc.17/04.06.2021.T.06.01 at the Navoi State University of Mining and Technologies. (Address: 210100, Navoi, Galaba Shokh Street, 76v. Conference Hall of the Navoi State University of Mining and Technologies Phone: (79) 223-23-32; fax: (79) 223-49-66; e-mail: info@nsumt.uz, www.nsumt.uz.)

The doctoral dissertation has been registered at the Information Resource Centre of the Navoi State University of Mining and Technologies under No 162 (Address: 210100, Navoi, 76V Galaba Shokh St. Phone: (79) 223-23-32; fax: (79) 223-49-66.)

The abstract of the dissertation is distributed on «28» 09 2024.
(Protocol at the register No 16 dated «16» 09 2024.)



K.Sanakulov
Chairman of the Scientific Council
for awarding the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

O.U.Fuzaylov
Scientific Secretary of the Scientific Council
for awarding the scientific degrees,
Doctor of philosophy (PhD) in Technical Sciences

A.U.Samadov
Chairman of the Scientific Seminar under the Scientific
Council for awarding the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of the dissertation of Doctor of Science (DSc))

The aim of the work is the development of conditions for a new technology for producing wear-resistant hard alloys based on tungsten carbide-cobalt.

The objects of the study are parts made of hard alloys based on tungsten carbide-cobalt used in crushing and drilling ores, tungsten carbide sludge obtained as a result of the electrolysis process, tungsten carbide nanopowders, sintered samples of the developed hard alloys.

The scientific novelty of the research is as follows:

scientifically substantiated conditions of new technology for obtaining pure tungsten carbide powders based on high-temperature purification in an argon environment of sludge formed as a result of the transition in the form of cobalt ions of the binder during the electrolysis of waste hard alloys based on tungsten carbide-cobalt;

developed a technology for converting the binding cobalt into a solution during the electrolysis of the abrasively worn waste of VK6 brand fingers;

developed a new technology for obtaining tungsten carbide nanopowders based on the synthesis of non-interacting salts with pure tungsten carbide powder obtained from waste hard alloys;

for use in grinding and drilling processes, a new chemical composition of wear-resistant hard alloys based on tungsten carbide-cobalt was developed based on the modification of nanopowders of hard alloys based on tungsten carbide-cobalt;

based on the increase in wear resistance of parts made of wear-resistant hard alloys of the VK6VN7 brand for crushing and drilling, a technology for sintering in a vacuum and inert environment without dissolving in the binding cobalt has been developed;

based on the graph of the dependence of the amount of carbon and modifier, pressing pressure, sintering temperature, sintering duration, a sintering mode at relatively low temperatures of tungsten carbide modified with nanopowders into wear-resistant hard alloys based on tungsten carbide-cobalt has been determined;

a new composition of parts has been developed without dissolving tungsten carbide nanopowder particles in the binding cobalt, based on optimal sintering temperature values, providing relatively high indicators of flexural strength, hardness, and wear resistance compared to VK6 brand parts, wear resistance during crushing and drilling of minerals is 10-12% higher;

The principles of a new technology for producing wear-resistant hard alloys based on tungsten carbide-cobalt were developed; they were created by producing hard alloys, processing, developing the theory of strength and based on the dependence of their final strength on the amount of carbon and modifier.

Implementation of research results. Based on the obtained research results on the development of recycling of hard alloy waste, the composition of wear-resistant hard alloys based on tungsten carbide-cobalt and based on the obtained results of impact-abrasive wear, the following were introduced:

recycling technology using acids of abrasively worn waste of VK6 brand fingers was introduced into the practice of the Navoi Machine-Building Plant Production Association of Navoi MMC JSC (certificate No. 23/01-01-07/436 of Navoi MMC JSC

dated August 6, 2024). As a result, up to 99.9% of cobalt was transferred into solution, and the iron content in the sludge was reduced from 5-6% to 0.5%;

a new technology for producing pure tungsten carbide powders from waste hard alloys based on tungsten carbide-cobalt has been put into practice at the Scientific and Production Association for the Production of Rare Metals and Hard Alloys of JSC Almalyk MMC (certificate No. SL-239 of JSC Almalyk MMC dated March 7, 2024). As a result, an increase in the purity of tungsten carbide powder to 99.9% has been achieved;

a new technology for producing tungsten carbide nanopowders from waste hard alloys based on tungsten carbide has been put into practice at the Scientific and Production Association for the Production of Rare Metals and Hard Alloys of JSC Almalyk MMC (certificate No. SL-239 of JSC Almalyk MMC dated March 7, 2024). As a result, a decrease in the porosity of hard alloy parts by 8-10% has been achieved;

the composition of wear-resistant hard alloys based on tungsten carbide-cobalt modified with tungsten carbide nanopowders has been put into practice at the Scientific and Production Association for the Production of Rare Metals and Hard Alloys of JSC Almalyk MMC (certificate No. SL-239 of JSC Almalyk MMC dated March 7, 2024). As a result, an increase in the service life of hard alloy parts by 10-12% has been achieved;

the technology for the production of wear-resistant hard alloys based on tungsten carbide-cobalt modified with tungsten carbide nanopowders has been put into practice at the Scientific and Production Association for the Production of Rare Metals and Hard Alloys of JSC Almalyk MMC (certificate No. SL-239 of JSC Almalyk MMC dated March 7, 2024). As a result, the wear resistance of parts made of hard alloys based on tungsten carbide-cobalt increased by 10-12%;

the sintering mode of wear-resistant hard alloy based on tungsten carbide-cobalt obtained from modified tungsten carbide nanopowders was put into practice at the Scientific and Production Association for the Production of Rare Metals and Hard Alloys of Almalyk Mining and Metallurgical Company JSC (reference No. SL-239 of Almalyk Mining and Metallurgical Company JSC dated March 7, 2024). As a result, the energy costs during the sintering of wear-resistant hard alloys based on tungsten carbide-cobalt obtained from modified tungsten carbide nanopowders increased by 11-13%.

The structure and volume of the dissertation. The structure of the dissertation consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 197 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I част; part I)

1. Шарипов К.А., Пармонов С.Т. Руда майдаловчи дробилка деталларини тайёрлаш учун қаттиқ қотишманинг ейилишга бардош таркибини ишлаб чиқиш ва уни тадқиқ қилиш. – Монография. – Тошкент: ГП “НИИМР”. 2024. 160 б.

2. Sharipov K.A., Parmonov S.T. Research of the technology of obtaining cobalt powder from cobalt oxide // Western European Journal of Modern Experiments and Scientific Methods. – Germany. Volume 2. Issue 6. 2024. – PP. 120-123 (№14. Researchbib. Impakt-faktor 9.898).

3. Parmonov S.T. Increasing the abrasion resistance of hard alloys used in the mining and metallurgical industry by adding ultradisperse modifiers // Journal of Pharmaceutical Negative Results. – India. Volume 13. Special Issue 9. 2022. – PP. 7474-7479.

4. Parmonov S.T., Hakimov F.Y. Hard alloy applications (Literature review) // Universum: технические науки. – Moscow, 2023. – PP. 4-7. (02.00.00; №1).

5. Мирзавалиев Д.Б., Парманов С.Т., Улугов Г.Д. Переработка вольфрамсодержащих отходов и получение раствора вольфрамата натрия // Universum: технические науки. – Москва, 2023. – С. 19-21. (02.00.00; №1)

6. Sharipov K.A., Parmonov S.T., Ubaydullayev M.M., Pattayeva Z.S. Development of cleaning technology of tungsten carbide powder obtained by electrolysis in argon environment // Actual problems of modern science, education and training. Urgench. 2024. – №5. – PP. – 4-8. (05.00.00; №26).

7. Sharipov K.A., Parmonov S.T., Mirzavaliyev D.B., Makhmudova F.M. Investigating the impact of ultradesperse titanium carbide and tungsten carbide nanopowder quantity on the density, hardness, and flexural strength of tungsten-cobalt carbide-based hard alloy samples // Actual problems of modern science, education and training. Urgench. 2024. – №4. – PP. – 45-50. (05.00.00; №26).

8. Parmonov S.T., Ubaydullayev M.M., Mirzavaliyev D.B., Pattayeva Z.S. Technology of producing tungsten carbide nanopowder by self-propagating high-temperature synthesis (SHS) method // Actual problems of modern science, education and training. Urgench. 2024. – №4. – PP. – 16-23. (05.00.00; №26).

9. Sharipov K.A., Ubaydullaev M.M., Parmanov S.T., Tursunova D.R. Study of the laws of dependence on the type, amount of electrolytes and the amount of salt added to the electrolysis process // Mexanika va texnologiya ilmiy jurnali. – Namangan, 2024. – Maxsus son №1. – B. 173-179. (05.00.00; OAK ning 2022-yil 1-fevraldagi 311/6 -son qarori).

10. Sharipov K.A., Ubaydullaev M.M., Mirzavaliyev D.B., Parmanov S.T. Процесс цинкотермии для прямой переработки твердого сплава // Mexanika va texnologiya ilmiy jurnali. – Namangan, 2024. – №2. – B. 147-153. (05.00.00; OAK ning 2022-yil 1-fevraldagi 311/6 -son qarori).

11. Parmonov S.T., Hakimov F.Y. Yeyilishga bardoshli volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarning struktura va xossalariga nanozarrachalarining ta'siri // Kompozitsion materiallar. – Toshkent, 2023. – №3. – B. 61-64. (05.00.00; №13).

12. Abdugapparova G.R., Jumanova S.S., Esanboeva G.A., Radjapova M.A., Qambarov M.X., Parmonov S.T., Hakimov F.Y. Tog' jinslarini burg'ulashda qo'llaniladigan qattiq qotishmalar (Adabiyotlar tahlili) // Kompozitsion materiallar. – Toshkent, 2023. – №4. – B. 206-209. (05.00.00; №13).

13. Parmonov S.T., Burg'ulashda qo'llaniladigan qattiq qotishmalarning xomashyo materiallarini tanlash va ularning xossalarini tadqiq qilish // Kompozitsion materiallar. – Toshkent, 2023. – №3. – B. 182-185. (05.00.00; №13).

14. Ubaydullayev M.M., Parmonov S.T., Hakimov F.Y., Pattayeva Z.S., Abraziv yeyilishga bardoshli qattiq qotishmalar tarkibidagi uglerodning miqdori, uning fizik-kimyoviy xossalari va morfologiyasining qattiq qotishmalar sifatiga ta'sirini tadqiq qilishning zamonaviy usullari // Scientific-Technical Journal of Namangan Institute of Engineering and Technology. – Namangan, 2023. – №1. – B. 187-193. (05.00.00; OAK ning 2021-yil 31-martdagi 295/6 -son qarori).

15. Ubaydullayev M.M., Parmonov G.M., Parmonov S.T. "Olmaliq KMK" AJ Nodir metallar va qattiq qotishmalar ishlab chiqarish birlashmasi sharoitida 99,98% yuqori toza molibden tuzlarini ishlab chiqarish texnologiyasi // Mexanika va texnologiya ilmiy jurnali. – Namangan, 2023. – №4. – B. 229-236. (05.00.00; OAK ning 2022-yil 1-fevraldagi 311/6 -son qarori).

16. Патент на полезная модель FAP 20240152. Способ переработки отходов твёрдых сплавов вольфрама или титана или тантала на основе карбида и кобальта // Шарипов К.А., Санакулов К., Самадов А.У., Каримов М.М., Пармонов С.Т., Шоназарова Ш.И., Кучкарова Н.Х., Хакимов Ф.Й., Мирзавалийев Д.Б., Носиров Н.И. // Зарегистрирован в государственном реестре изобретений Республики Узбекистан 12.08.2024 г. – С. 1-5.

II bo'lim (II част; part II)

17. Parmonov S.T., Sharipov K.A., Kambarov A.D., Khoshimkhanova M.A., Abdurimov A., Mirzavaliyev D.B., Yusupova G.X. The morphology of the powder contained in solid alloy used to crush underground resources // III International Conference on Actual Problems of the Energy Complex: Mining, Production, Transmission, Processing and Environmental Protection (ICAPE2024). Cheonan, Republic of Korea, February 12-14, 2024. Volume 498. – PP. 1-9.

18. Parmonov S.T., Shakirov Sh.M., Yusupova G.X., Kuchkarova N.X., Shonazarova Sh.I., Tursunova D.R., Kambarov A.D. The properties of the powder that makes the basis of hard alloys used in the crushing of underground resources // International Conference on Ensuring Sustainable Development: Ecology, Energy, Earth Science and Agriculture (AEES2023). China, Russia. December 21-22, 2023. Volume 494. – PP. 1-7.

19. Parmonov S.T., Hakimov F.N., Parmonov G.M., Sattarov Z.S. Testing of fingers used in ore crushing in ore crushing shops // International conference

“Innovative technologies of mineral resources mining and processing”. Biston, Republic of Tajikistan, May 19, 2023. – PP. 9-11.

20. Sharipov K.A., Samadov A.U., Parmonov S.T. Qattiq qotishma olishda foydalaniladigan kukunlar olishning texnologiyasini tadqiq qilish. Zarafshon vohasini kompleks innovatsion rivojlantirish yutuqlari, muammolari va istiqbollari V- xalqaro ilmiy - amaliy anjuman. Navoiy. 18 - 19 April, 2024. – B. 286-287.

21. Sharipov K.A., Samadov A.U., Parmonov S.T., Hakimov F.Y., Mirzavaliyev D.B. Volfram karbid kukunlaridagi uglerod miqdori va uning qattiq qotishma mustahkamligiga ta'siri // “Zarafshon vohasini kompleks innovatsion rivojlantirish yutuqlari, muammolari va istiqbollari” nomli IV-Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman. Navoiy. 16-17 noyabr, 2023. – B. 266-267.

22. Samadov A.U., Parmonov S.T., Hakimov F.N., Mirzavaliyev D.B. Ultradispers TiC bilan modifikatsiyalangan volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishmalarning abraziv yeyilish bardoshlilikini ilmiy-amaliy tadqiq qilish // “Texnika va texnologiyalar rivojining istiqbollari: muammolar va echimlar” mavzusidagi Xalqaro ilmiy-amaliy konferentsiya. Namangan, 18 oktyabr, 2023. – B.117-119.

23. Mirzavaliyev D.B., Hakimov F.Y., Parmonov S.T. Modifikatorlar miqdorining volfram karbid-kobalt asosli qattiq qotishma namunalarning fizik-mexanik xossalriga ta'sirini aniqlash // “Mineral xomashyolar va texnogen chiqindilarni samarali qayta ishlashning muammolari, istiqbollari va innovatsion yondashuvlar” mavzusidagi respublika ilmiy-texnik anjumani Olmaliq, 15-16-may, 2024. – B. 226-229.

24. Parmonov S.T. Plastifikatorni vodorod muhitida qattiq qotishma tarkibidan chiqarishning yangi texnologiyasini ishlab chiqish // “Mineral xomashyolar va texnogen chiqindilarni samarali qayta ishlashning muammolari, istiqbollari va innovatsion yondashuvlar” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy anjuman. Olmaliq, 16 sentyabr, 2023. – B 110-112.

25. Parmonov S.T. Plastifikatorni argon muhitida qattiq qotishma tarkibidan chiqarishning yangi texnologiyasini ishlab chiqish // “Mineral xomashyolar va texnogen chiqindilarni samarali qayta ishlashning muammolari, istiqbollari va innovatsion yondashuvlar” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy anjuman. Olmaliq, 16 sentyabr, 2023. – B 117-119.

26. Шоназарова Ш.И., Пармонов С.Т., Рустамов М.К., Каримов М.М., Самадов А.У. Использование ионитов при переработке вольфрамсодержащих промышленных отходов // Республиканского научно-практического конференции “Перспективы создания термореактивных олигомеров, утилизации полимерных отходов, полифункциональных соединений и полимерных материалов на их основе”. Ташкент. 18-19 январь, 2024. – С. 168-170.

Avtoreferat “O‘zbekiston konchilik xabarnomasi” jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazilib, o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o‘zaro muvofiqlashtirildi.

Bichimi 60x84_{1/16}. Ofis qog‘ozi. Raqamli bosma usulida chop etildi. Times New Roman garniturası. Shartli bosma tabog‘i: 3,7. Adadi 60. Buyurtma № 40 .
Guvohnoma № 021683 “SARMISH NASHR” MCHJ bosmaxonasida chop etilgan.
Bosmaxona manzili: Navoiy sh., G‘alaba shox ko‘chasi, 84a-uy.