

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ, ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ
ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

Պողոսյան Խոսրով Վլադիմիրի

**ՄԵՏԱՂԱՊԱՏՎԱԾ ԱԼՄԱՍՏԱՅԻՆ ՀԱՏԻԿՆԵՐՈՎ ԿՈՄՊՈԶԻՏԱՅԻՆ
ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ ՏԱՔ ՄԱՄԼՄԱՄԲ**

Ե.16.01 «Նյութագիտություն» մասնագիտությամբ տեխնիկական
գիտությունների թեկնածուի
գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ, КУЛЬТУРЫ И СПОРТА
РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ АРМЕНИИ

Погосян Хосров Владимирович

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ
МАТЕРИАЛОВ ГОРЯЧИМ ПРЕССОВАНИЕМ С
МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫМИ АЛМАЗНЫМИ ЗЕРНАМИ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 05.16.01-
“Материаловедение”

ЕРЕВАН 2022

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի (ՀԱՊՀ) գիտական խորհրդի կողմից

Գիտական ղեկավար՝ տեխ. գիտ. դոկտոր, պրոֆ. Սուրեն Գևորգի Աղբալյան
ՀՀ գիտության վաստակավոր գործիչ

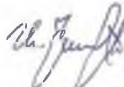
Պաշտոնական ընդհանխոսներ՝
տեխ.գիտ.դոկտոր, դեցենտ Նորիկ Գալուստի Մելիքսեթյան
տեխ.գիտ.թեկնածու, դոցենտ Համլետ Հայկի Մկրտչյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ ՀՀ ԳԱԱ Մ.Գ. Մանվելյանի անվան
ընդհանուր և անօրգանական քիմիայի ինստիտուտ (ք. Երևան)

Ատենախոսության պաշտպանությունը կայանալու է 2022թ. նոյեմբերի 22-ին
ժամը 15⁰⁰-ին Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանում
(ՀԱՊՀ) գործող ՀՀ ԲՈԿ-ի «Մետալուրգիա և նյութագիտություն» մասնագի-
տական խորհրդի (թվանիշ 031) «Նյութագիտություն» ենթախորհրդի (թվանիշ
Ե16.01) նիստում:Հասցեն 0009, ք. Երևան, Տերյան փ., 105:

Ատենախոսության կարելի է ծանոթանալ ՀԱՊՀ-ի գրադրանում:

Սեղմագիրն առաքված է 2022թ. սեպտեմբերի 28-ին:

031 մասնագիտական խորհրդի գիտական  Ա.Մ.Մանվելյանի
քարտուղար, տեխ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր

Тема диссертации утверждена ученым советом Национального политехнического университета Армении (НПУА)

Научный руководитель: докт. техн. наук, проф., Сурен Геворгович Агбалян
заслуженный деятель науки РА

Официальные оппоненты: докт. техн. наук, доцент Норик Галустович Меликсетян
канд. техн. наук, доцент Гамлет Гайкович Мкртчян

Ведущая организация: Институт Общей и неорганической химии им. М.Г. Манвеляна НАН РА г. Ереван)

Защита диссертации состоится 22 ноября 2022г. в 15⁰⁰ ч на заседании подсовета
«Материаловедение» (шифр 05.16.01) Специализированного совета “Металлургия и
материаловедение” (шифр 031) ВАК РА, действующего при Национальном
политехническом университете Армении (НПУА), по адресу: 0009, г. Ереван, ул.
Теряна, 105.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НПУА.

Автореферат разослан 28 сентября 2022г.

Ученый секретарь Специализированного
совета, докт. техн. наук, профессор



А.М. Оганесян

ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅԱՆ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

Աշխատանքի հրատապությունը և արդիականությունը: Մետաղների և ոչ մետաղական նյութերի մշակման բազմաթիվ տեխնոլոգիական գործընթացներում լայն կիրառություն են գտել ավաստային գործիքները, առանց որոնց հնարավոր չէ իրականացնել հատուկ մեքենաշինության մեջ կատարվող հղկման գործընթացները, ինչպես նաև ընդերքի շահագործման և քարամշակման արտադրությունում իրականացվող աշխատանքները:

Ավաստամետաղական գործիքների հիմնական թերությունն ավաստային հատիկների ոչ արդյունավետ օգտագործումն է: Ավաստը, լինելով չեզոք նյութ, մետաղավաստային կոպոզիտում պահվում է միայն մեխանիկական կապի միջոցով: Մինչդեռ ավաստային հատիկների արդյունավետ օգտագործման համար դա բավարար չէ: Նշվածը բացառելու նպատակով ավաստային հատիկները նախօրոք պետք է ենթարկվեն մետաղապատման, որը հնարավորություն կտա ստեղծել ամուր կապ ավաստային հատիկների և կապակցանյութի միջև: Միաժամանակ ինքնասրման ռեժիմով ավաստային գործիքի արդյունավետ աշխատանքի համար մետաղական կապակցանյութը պետք է ունենա լավարկված մաշակայունություն, որը կապահովի ավաստային հատիկների կտրող եզրերի անընդհատ նորացումը: Եթե կապակցանյութի մաշակայունությունը փոքր լինի պահանջվող արժեքից, ապա գործիքում ավաստահատիկները ոչ արդյունավետ կօգտագործվեն, իսկ բարձրի դեպքում ավաստահատիկների գազաթները կմաշվեն, իսկ կապակցանյութը՝ ոչ, որի արդյունքում, կտրող եզրերի բացակայության պատճառով, կառաջանան հարթակներ, և շփման ուժը մեծանալով՝ կնպաստի ավաստամետաղական կոմպոզիտի քայքայմանը: Նշված խնդիրը խիստ արդիական է և կարելի է լուծել նոր կապակցանյութերի մշակման, ավաստային հատիկների նախօրոք մետաղապատման, դրանցից նոր կոմպոզիտային նյութերի ստացման և ավաստամետաղական գործիքների պատրաստման տեխնոլոգիաների մշակմամբ:

Հետազոտության նպատակը և խնդիրները: Ելնելով վերը նշվածից՝ առենախոսության հիմնական նպատակն է մշակել ջերմադիֆուզիոն եղանակով HSD90 (AC200) մակնիշի ավաստային հատիկների տիտանով մետաղապատման, նոր մաշակայուն կապակցանյութի ստացման ու տաք մամլմամբ մետաղավաստային կոմպոզիտային հղկագործիքների պատրաստման տեխնոլոգիա և հետազոտել դրանց կառուցվածքի ու հատկությունների ձևավորման գործընթացները:

Աշխատանքում առաջադրվել և լուծվել են հետևյալ խնդիրները.

1. Զերմադիֆուզիոն եղանակով HSD90 (AC200) մակնիշի ավաստային հատիկների տիտանով մետաղապատման գործընթացի մեխանիզմի և կինետիկայի բացահայտումը:

2. Քարամշակման արտադրությունում աշխատող մետաղաալմաստային գործիքների համար նոր մաշակայուն կապակցանյութի մշակումը և առանձնահատկությունների բացահայտումը:

3. Ջերմադիֆուզիոն եղանակով տիտանով մետաղապատված HSD90 (AC200) մակնիշի ալմաստային հատիկներով և մշակված կապակցանյութով պատրաստված մետաղաալմաստային բովախառնուրդի սառը մամլման և ստացված ծակոտկեն եռակալված մամլվածքների տաք մամլման ընթացքում ալմաստային հատիկների ջարդման ու կառուցվածքագոյացման գործընթացների հետազոտումը, առանձնահատկությունների բացահայտումը և օպտիմալ ռեժիմների հիմնավորումը:

4. Ստացված մետաղաալմաստային կոմպոզիտային նյութի ֆիզիկամեխանիկական և տեխնոլոգիական հատկությունների ուսումնասիրումը:

5. HSD90 (AC200) մակնիշի մետաղապատված ալմաստային հատիկներով և մշակված կապակցանյութով մետաղաալմաստային կոմպոզիտային նյութից հղկագործիքների պատրաստման տեխնոլոգիայի մշակումը և տեխնիկատնտեսագիտական հիմնավորումը:

Պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները:

1. Ալմաստային գործիքների ստացման տեխնոլոգիաների վերլուծության արդյունքները, կառուցվածքագոյացման սկզբունքները և հետազոտման խնդրի դրվածքը:

2. Ջերմադիֆուզիոն եղանակով HSD90 (AC200) մակնիշի ալմաստային հատիկների տիտանով մետաղապատման գործընթացի մեխանիզմը և կինետիկան:

3. Քարամշակման արտադրությունում աշխատող մետաղաալմաստային գործիքների համար նոր մաշակայուն կապակցանյութի մշակման տեխնոլոգիան և առանձնահատկությունները:

4. Ջերմադիֆուզիոն եղանակով տիտանով մետաղապատված HSD90 (AC200) մակնիշի ալմաստային հատիկներով և մշակված կապակցանյութով պատրաստված մետաղաալմաստային բովախառնուրդի սառը մամլման և ստացված ծակոտկեն եռակալված մամլվածքների տաք մամլման ընթացքում ալմաստային հատիկների ջարդման ու կառուցվածքագոյացման գործընթացների մեխանիզմը և կինետիկան:

5. Ստացված մետաղաալմաստային կոմպոզիտային նյութի ֆիզիկամեխանիկական և տեխնոլոգիական հատկությունների առանձնահատկությունները:

6. HSD90 (AC200) մակնիշի մետաղապատված ալմաստային հատիկներով և մշակված կապակցանյութով մետաղաալմաստային կոմպոզիտային նյութից հղկագործիքների պատրաստման տեխնոլոգիան և տեխնիկատնտեսագիտական հիմնավորումը:

Աշխատանքի գիտական նորույթը: Բացահայտվել է, որ ջերմադիֆուզիոն եղանակով Ti-ով մետաղապատված HSD90 (AC200) մակնիշի ավաստային հատիկի ծածկույթի կառուցվածքը շերտավոր է և ունի TiC-Ti բաղադրությունը: Ցույց է տրված, որ ինչպես օդում, այնպես էլ արգոնի միջավայրում տաքացնելիս մետաղապատված ավաստափոշիների ջերմակայունությունը բարձրանում $\sim 70^{\circ}\text{C}$: Բացահայտվել է, որ «ծածկույթ-կապակցանյութ» ֆազերի սահմանում տեղի է ունենում ծածկույթ մետաղի (Ti) և կապակցանյութի կոմպոնենտների (Cu-Sn) փոխադարձ դիֆուզիայի գործընթաց, որն ապահովում է անցումային շերտի ամուր կապ՝ նպաստելով կապակցանյութով ավաստային հատիկների բռնողունակության մեծացմանը:

Ընտրվել և հիմնավորվել են տիտանով մետաղապատված HSD90 (AC200) մակնիշի ավաստի փոշի ($[\text{C}]^*+34\%\text{Fe}+6\%\text{Ni}+32\%\text{Cu}+8\%\text{Sn}+10\%\text{WC}+10\%\text{C}+18$ մակնիշի գորշ թուջի տաշեղի փոշի բաղադրությամբ ավաստամետաղական կոմպոզիտային բովախառնուրդի սառը մամլման, եռակալման և տաք մամլման լավարկված ռեժիմները՝ համաձայն որոնց՝ 20...25% ծակոտկենություն ստանալու համար սառը մամլման տեսակարար ճնշումը կազմում է 200...250 ՄՊա, ծակոտկեն մամլվածքի եռակալման ջերմաստիճանը՝ $800\pm 20^{\circ}\text{C}$, պահման տևողությունը՝ 0,75...1,0 ժամ, տաք մամլման ջերմաստիճանը՝ $850\pm 10^{\circ}\text{C}$, պահման տևողությունը՝ 25...30 րոպե, տեսակարար ճնշումը՝ 80...100 ՄՊա: Ընտրված ռեժիմների դեպքում կոմպոզիտի կարծրությունը կազմում է 60...102 HRB, հարվածային մածուցիկությունը՝ $\text{KCU}=2...36$ ԿՋ/մ², խզման ամրությունը՝ 23...160 ՄՊա: Ցույց է տրված, որ տաք մամլման ժամանակ, 30%-ից բարձր դեֆորմացիայի աստիճանի դեպքում, տեղի է ունենում ավաստի հատիկների ջարդում. ավաստի հատիկների կոնցենտրացիայի մեծացումով ավելի շատ թվով հատիկներ են ենթարկվում ջարդման:

Բացահայտվել է, որ վոլֆրամի կարբիդի ներմուծումը կոմպոզիտի մեջ նպաստում է հարվածային մածուցիկության իջեցմանը և կարծրության բարձրացմանը, նիկելը և երկաթը նպաստում են կոմպոզիտի կարծրության, ամրության և մաշակայունության բարձրացմանը, իսկ գորշ թուջի ավելացումը՝ կապակցանյութի հարվածային մածուցիկության, կարծրության և կտրման ամրության փոքրացմանը: Ընդ որում, որքան ցրանյութի հատիկայնությունը փոքր է, այնքան այն էականորեն է ազդում մեխանիկական հատկությունների վրա, ապահովելով գործիքի կապակցանյութի ինքնասրման պայմանը:

Բացահայտվել է, որ մշակված ավաստամետաղական կոմպոզիտային նյութն ունի հետերոգեն կառուցվածք. Մայրակը ներկայացնում է α (անագի պինդ լուծույթը պղնձում՝ 13,5% անագի պարունակությամբ) և δ ֆազերի ($\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$) խառնուրդ, որում հավասարաչափ բաշխված են α -երկաթի և նիկելի պինդ լուծույթներն ու ինտերմետաղական ֆազերն անագի և պղնձի հետ, իսկ ցրանյութերը՝ գրաֆիտի և վոլֆրամի կարբիդի հատիկները, երևում են

առանձին հատիկների տեսքով: Միաժամանակ, գորշ թուջի առկայությունը կոմպոզիտում հանգեցնում է ազատ գրաֆիտի առաջացմանը, որը նպաստում է կոմպոզիտի հակաշփական հատկությունների լավացմանը:

Աշխատանքի կիրառական նշանակությունը: Առաջին անգամ մշակվել է տիտանով մետաղապատված HSD90 (AC200) մակնիշի ավաստային հատիկներով և 34%Fe+6%Ni+32%Cu+8%Sn+10%WC+10%C+18 մակնիշի գորշ թուջի տաշեղի փոշի բաղադրությամբ կապակցանյութով քարամշակման գործիքների պատրաստման նոր տեխնոլոգիա, որը հնարավորություն է տալիս ապահովելու առավելագույն արտադրողականություն:

Ատենախոսության տեսական, տեղեկատվական և մեթոդական հիմքերը: Ատենախոսության թեմայի համար հիմք են ծառայել հայրենական և արտասահմանյան դասական և ժամանակակից աշխատությունները: Հետազոտության համար տեղեկատվական հիմք են հանդիսացել հրապարակված պաշտոնական տեղեկատուները և տեղեկագրերը, ինչպես նաև տեխնիկական պարբերականները, պատենտները, ԳՈՍՏ-երը և այլն:

Հետազոտությունների ընթացքում կիրառվել են համակարգչային, մոդելավորման, գրաֆիկական, ընտաղագրական, ռենտգենակառուցվածքային, ռենտգենասպեկտրալ, համեմատական վերլուծությունների և այլ մեթոդներ:

Աշխատանքի արդյունքների փորձարկումը և հրապարակումները:

Ատենախոսության հիմնադրույթները և գործնական հանձնարարականները զեկուցվել ու քննարկվել են Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի 2016...2021թթ. տարեկան գիտաժողովներում և «Մետալուրգիա և նյութագիտություն» ամբիոնի գիտական սեմինարներում: Ատենախոսության արդյունքները հրապարակված են 16 գիտական աշխատանքներում, որից երկուսը հեղինակային են, իսկ մեկը՝ ՀՀ արտոնագիր:

Ատենախոսության կառուցվածքը և ծավալը: Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլուխներից, ընդհանուր եզրակացությունից և 165 անուն օգտագործված գրականության ցանկից: Այն շարադրված է 151 համակարգչային տպագիր էջում, ներառում է 85 նկար և 27 աղյուսակ:

ԱՏԵՆԱՒՈՍՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ատենախոսության ներածական մասում հիմնավորված է թեմայի արդիականությունը, ներկայացված են հիմնական նպատակները և պաշտպանության ներկայացվող դրույթները, ինչպես նաև ցույց է տրված աշխատանքի կիրառական նշանակությունը:

Առաջին գլխում կատարվել է մետաղալամաստային կոմպոզիտային նյութերի ստացմանը և կառուցվածքի ու հատկությունների ձևավորմանը նվիրված գրականության ակնարկ, համաձայն որի ավաստամետաղական գործիքի կապակցանյութը պետք է լինի ինքնասրվող, այսինքն՝ անհրաժեշտ ժամանակին պետք է մաշվի և գործիքի աշխատանքային մակերևույթին գտնվող ավաստային հատիկների բթանալուց հետո ազատի դրանք: Ցույց է տրված, որ

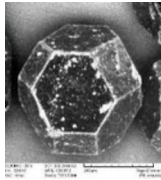
ալմաստային գործիքի ինքնասրվող հատկությունը կախված է կապակցանյութի ֆիզիկամեխանիկական հատկություններից և մշակվող նյութի հատիկայնությունից: Որքան արագ է մաշվում կապակցանյութը, այդքան լավ է ընթանում ինքնասրման գործընթացը: Մյուս կողմից՝ պետք է խուսափել ալմաստային հատիկների ինտենսիվ պոկումից, իսկ մաշման աստիճանը պետք է ունենա որոշակի սահման: Կապակցանյութը պետք է ունենա նաև բավարար ջերմակայունություն, ջերմափոխանակություն, նվազագույն շփման գործակից և մշակվող նյութի հետ չմտնի քիմիական փոխազդեցության մեջ:

Ալմաստային հատիկի մետաղապատման շնորհիվ «ալմաստ-մետաղա-ծածկույթ-կապակցանյութ» անցումային շերտերում տեղի են ունենում դիֆուզիոն գործընթացներ, որոնց արդյունքում առաջանում է քիմիական կապ՝ մեծացնելով ալմաստի հատիկների պահման ամրությունը: Մետաղապատման ժամանակ ծածկութապատող մետաղը պետք է փոխազդի ալմաստային հատիկների հետ և առաջացնի կարբիդներ, լցվի ալմաստային հատիկում գոյություն ունեցող միկրոճաքերի մեջ և դրա շնորհիվ մեծացնի ալմաստային հատիկի ամրությունը: Արդյունքում հիմնավորվել են աշխատանքի նպատակը և հետազոտման խնդիրները:

Երկրորդ գլխում ընտրվել և հիմնավորվել է ալմաստամետաղական կոմպոզիտի կապակցանյութի քիմիական բաղադրությունը, որը ներկայացնում է պղնձի և անագի փոշիների խառնուրդ 4:1 հարաբերությամբ, իսկ որպես լեգիրող տարրեր ընտրվել են երկաթը և նիկելը, որպես լցանյութ՝ վոլֆրամի կարբիդը, իսկ որպես պինդ քսանյութ՝ C418 մակնիշի գորշ թուջի տաշեղի փոշին: Ուսումնասիրվել են ելանյութերի բնութագրերը, և կատարվել չափիչ-հսկիչ սարքավորումների ընտրում ու հիմնավորում:

HSD90 (AC200) մակնիշի ալմաստափոշիների կայունության, գրաֆիտացման և օքսիդացման գործընթացների հետազոտման արդյունքում պարզվել է, որ դրանք ունեն հարվածային բարձր ամրություն և ջերմակայունություն՝ հատկապես պաշտպանիչ միջավայրում տաքացնելիս: Սահմանվել են մետաղապատման գործընթացի հիմնական օրինաչափությունները՝ կախված տեխնոլոգիական պարամետրերից: Ցույց է տրված, որ մետաղապատման ջերմաստիճանի, տևողության և NH_4Cl -ի քանակության մեծացումով տեղի է ունենում ծածկույթի հաստության և մետաղապատված ալմաստի ամրության 1,5...2,0 անգամ մեծացում: Ուսումնասիրվել են ծածկույթի ձևավորման կառուցվածքային մեխանիզմը, ֆազային կառուցվածքը և դրա փոխազդեցությունը կապակցանյութի հետ: Արդյունքում բացահայտվել է, որ մետաղապատման սկզբնական փուլում ծածկույթի գոյացումն ու ձևավորման իրականանում է ընտրովի. տեղի է ունենում, այսպես կոչված, «ցեմենտացում», այսինքն՝ միկրոճաքերի և բյուրեղի այլ մակերևութային արատների վերացում լցման ճանապարհով: Ծածկութապատման գործընթացի ավարտից հետո

ստացված թաղանթը հավասարաչափ նստում է հատիկի մակերևույթի վրա՝ ցնցելով բոլոր միկրոանհարթությունները (նկ. 1):



Նկ. 1. Տիտանով մետաղապատված HSD90 (AC200) մակնիշի ավաստի հատիկի մակերևույթի կառուցվածքը (x397)

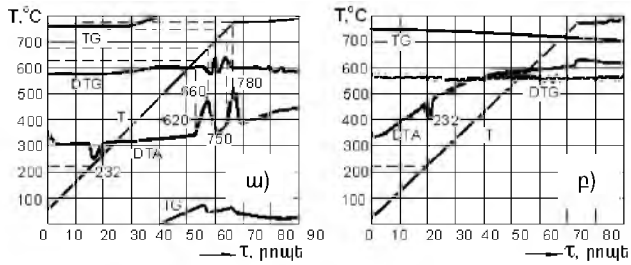
Բացահայտվել է, որ ծածկույթի ֆազերն ունեն շերտավոր կառուցվածք, քրոմային ծածկույթի դեպքում՝ $Cr_3C-Cr_7C_3-Cr_{23}C_6-Cr$, տիտանի և երկաթի ծածկույթների դեպքում՝ $TiC-Ti$ և Fe_3C-Fe : Ցույց է տրված, որ ինչպես օդում, այնպես էլ արգոնի միջավայրում տաքացնելիս մետաղապատված ավաստափոշիների ջերմակայունությունը բարձրանում է $\sim 70^\circ C$:

Ռենտգենասպեկտրային վերլուծության մեթոդով ուսումնասիրվել է բոլոր ծածկույթների փոխազդեցությունը $32\%Cu+8\%Sn+6\%Ni+34\%Fe+10\%WC+10\%C_4I_8$ բաղադրությամբ մետաղական կապակցանյութի բաղադրամասերի հետ: Ավաստի հարաբերական կոնցենտրացիան վերցրվել է 50%: Բացահայտվել է, որ «ծածկույթ-կապակցանյութ» ֆազերի սահմանում տեղի է ունենում ծածկույթ մետաղի (Ti) և կապակցանյութի (Cu-Sn) փոխադարձ դիֆուզիա, որի արդյունքում ապահովվում է սահմանային ֆազերի ամուր կապը: Համալիր հետազոտությունների արդյունքում մշակվել է ավաստային հատիկների վրա մետաղական ծածկույթների նստեցման տեխնոլոգիա, որի հիմքում ընկած է կետային աղբյուրներից ջերմադիֆուզիոն հագեցման մեխանիզմը:

Երրորդ գլխում ուսումնասիրվել է տիտանով մետաղապատված HSD90 (AC200) մակնիշի ավաստի հատիկներով և $34\%Fe+6\%Ni+32\%Cu+8\%Sn+10\%WC+10\%C_4I_8$ մակնիշի գորշ թուջի տաշեղի փոշի բաղադրությամբ կապակցանյութով ավաստամետաղական կոմպոզիտային նյութի ստացման և կառուցվածքի ու հատկությունների ձևավորման գործընթացը տաք մամլմամբ: Ցույց է տրված, որ ավաստամետաղական կոմպոզիտի կարծրությունը, հարվածային մածուցիկությունը և կտրման ամրությունը կախված են մի շարք գործոններից, մասնավորապես՝ ավաստամետաղական կոմպոզիտի բաղադրությունից, սառը մամլման ճնշումից, եռակալման ջերմաստիճանից, այդ ջերմաստիճանում պահման տևողությունից և տաք մամլման ճնշումից:

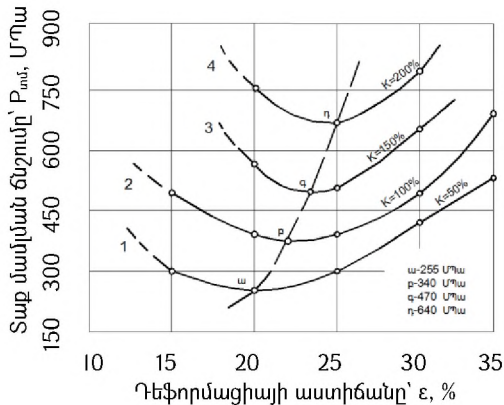
Սառը մամլման տեսակարար ճնշումը 300 ՄՊա-ից ավելի բարձրացնելու դեպքում տեղի է ունենում մետաղապատված ավաստի հատիկների ջարդում՝ մանրացում: Այդ իսկ պատճառով սառը մամլման տեսակարար ճնշումն ընտրվել է 200...250 ՄՊա, որի դեպքում ծակոտկենությունը ստացվում է $\theta=20...25\%$:

Սառը մամլված բրիկետները ենթարկվել են եռակալման և տաք մամլման, որոնց արդյունքում մամլվածքները ձեռք են բերում պահանջվող կառուցվածք ու հատկություններ: Հատկապես կարևոր ազդեցություն ունի եռակալման ջերմաստիճանը, որի դեպքում նյութում տեղի են ունենում դիֆուզիոն գործընթացներ և նոր ֆազերի առաջացում: Cu-Sn հիմքով կապակցանյութերի եռակալումն ընթանում է հեղուկ ֆազում, իսկ եռակալման ջերմաստիճանն ընկած է 650...800°C տիրույթում: Եռակալման ջերմաստիճանի ճիշտ ընտրության համար կատարվել են ջերմաձանրաչափական հետազոտություններ, որոնց արդյունքում այն ընտրվել է 800±20°C: Նշված ջերմաստիճանում ավաստային հատիկների գրաֆիտացման գործընթաց գործնականում տեղի չի ունենում: Այդ է վկայում զանգվածի փոփոխության գրաֆիկը (TG) արգոնի միջավայրում տաքացնելիս, ինչպես նաև DTA կորի վրա էնդոթերմիկ կամ էկզոթերմիկ ռեակցիաների բացակայությունը (նկ. 2):



Նկ. 2. [C]*+կապակցանյութ ավաստամետաղական կոմպոզիտային նյութի դերիվատագիրը՝ տաքացված օդի (ա) և արգոնի միջավայրերում (բ)

Ավաստամետաղական կոմպոզիտային նյութի կառուցվածքագոյացումն ավարտվում է տաք մամլման ժամանակ, որի վրա ազդող պարամետրներն են նախապատրաստվածքի քիմիական բաղադրությունը, տաքացման ջերմաստիճանը (T) և տևողությունը (τ), դեֆորմացման աստիճանը (ε), ավաստի հարաբերական կոնցենտրացիան (K) և նրա հատիկայնությունը (3), ինչպես նաև մամլվածքի սկզբնական ծակոտկենությունը: Ջերմաստիճանի ներքին սահմանն ընտրվել է 800°C, ինչը պայմանավորված է տաք մամլման ճնշման (P₀) մեծացմամբ և ավաստային հատիկների ջարդմամբ: Բարձր ջերմաստիճաններում մեծանում է կապակցանյութի պլաստիկությունը, և հնարավորություն է ստեղծվում՝ խուսափելու ավաստային հատիկների ջարդման գործընթացից: Տաք մամլման ջերմաստիճանում պահման տևողությունը (τ) վերցվել է 0,75...1,0 ժամ, ինչը բավարար է ավաստային հատիկների մետաղապատված շերտի և կապակցանյութի միջև դիֆուզիայի ընթացքի ու կառուցվածքագոյացման գործընթացների համար: Ուսումնասիրվել է տաք մամլման ճնշման (P₀) կախվածությունը դեֆորմացիայի աստիճանից և ավաստի կոնցենտրացիայից (նկ. 3):

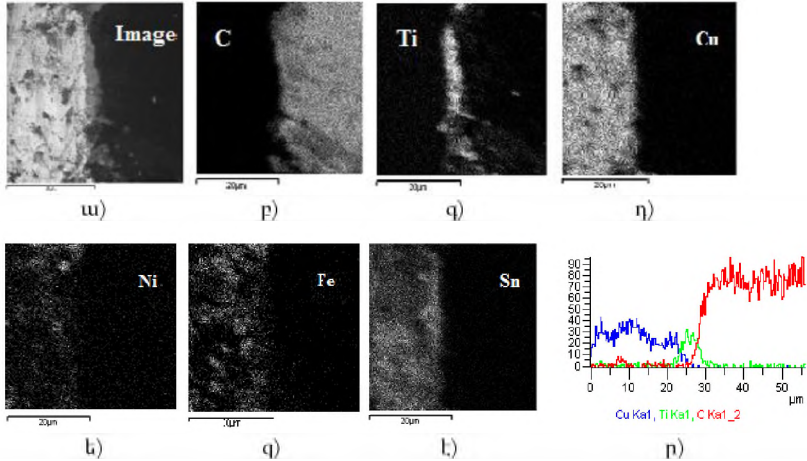


Նկ. 3. Տաք մամլման $P_{0.02}$ ճնշման կախվածությունը դեֆորմացիայի աստիճանից (ϵ) և $[C]^*$ -ի կոնցենտրացիայից (K)։ 1- $K=50\%$, 2- $K=100\%$, 3- $K=150\%$, 4- $K=200\%$ ։ Կետագծերով զիծը տարվել է 1-4 կորերի ամենագածը կետերով

Տաք մամլման պարամետրերն են՝ $\tau=0,5$ ժամ, $T=850^\circ\text{C}$, մամլվածքի սկզբնական ծակոտկենությունը 20%: Ինչպես երևում է, դեֆորմացիայի աստիճանի (ϵ) մեծացումով տաք մամլման ճնշումն ($P_{0.02}$) աճում է, իսկ ծակոտկենությունը (θ)՝ նվազում: Մամլման ճնշումն աճում է նաև ալմաստի կոնցենտրացիայի (K) աճին զուգընթաց: Հետազոտությունների արդյունքում ընտրվել է տաք մամլման ճնշման լավարկված արժեքը՝ $P_{0.02}=80-100$ ՄՊա:

Ցույց է տրված, որ կապակցանյութում C_{418} մակնիշի գորշ թուջի ավելացումը փոքրացնում է հարվածային մածուցիկությունը, որոշ չափով իջեցնում է կարծրությունը և կտրման ամրությունը: Ընդ որում, որքան փոքր է լցանյութի հատիկայնությունը, այնքան այն էականորեն է ազդում մեխանիկական հատկությունների վրա՝ ապահովելով գործիքի կապակցանյութի ինքնասրման պայմանը: Վոլֆրամի կարբիդի ներմուծումը նպաստում է հարվածային մածուցիկության իջեցմանը և կարծրության բարձրացմանը, իսկ նիկելը և երկաթը նպաստում են կոմպոզիտի կարծրության, ամրության և մաշակայունության բարձրացմանը: Մետաղագիտական վերլուծության արդյունքում բացահայտվել է, որ մշակված ալմաստամետաղական կոմպոզիտային նյութն ունի հետերոգեն կառուցվածք. մայրակը ներկայացնում է α (անագի պինդ լուծույթը պղնձում՝ 13,5% անագի պարունակությամբ) և δ ֆազերի ($Cu_{31}Sn_8$) խառնուրդ, որում հավասարաչափ բաշխված են α -երկաթի և նիկելի պինդ լուծույթներն ու անագի և պղնձի ինտերմետաղական ֆազերը, իսկ լցանյութերը՝ գրաֆիտի և վոլֆրամի կարբիդի հատիկները, երևում են առանձին հատիկների տեսքով: Գորշ թուջի առկայությունը կոմպոզիտում, շնորհիվ ազատ գրաֆիտի, նպաստում է հակաշփական հատկությունների լավացմանը:

Ուսումնասիրվել է տիտանով մետաղապատված HSD90 (AC200) մակնիշի ալմաստային հատիկների ծածկույթի փոխազդեցությունը մետաղական կապակցանյութի բաղադրամասերի հետ (նկ. 4): Բացահայտվել է, որ «ծածկույթ-կապակցանյութ» ֆազերի սահմանում տեղի ունի ծածկույթի մետաղի (Ti) և կապակցանյութի փոխադարձ դիֆուզիա, որն ապահովվում է սահմանային ֆազերի ամուր կապը: Ցույց է տրված, որ տարրերի բաշխվածությունը կատարվում է ծածկույթի ամբողջ մակերևույթով:

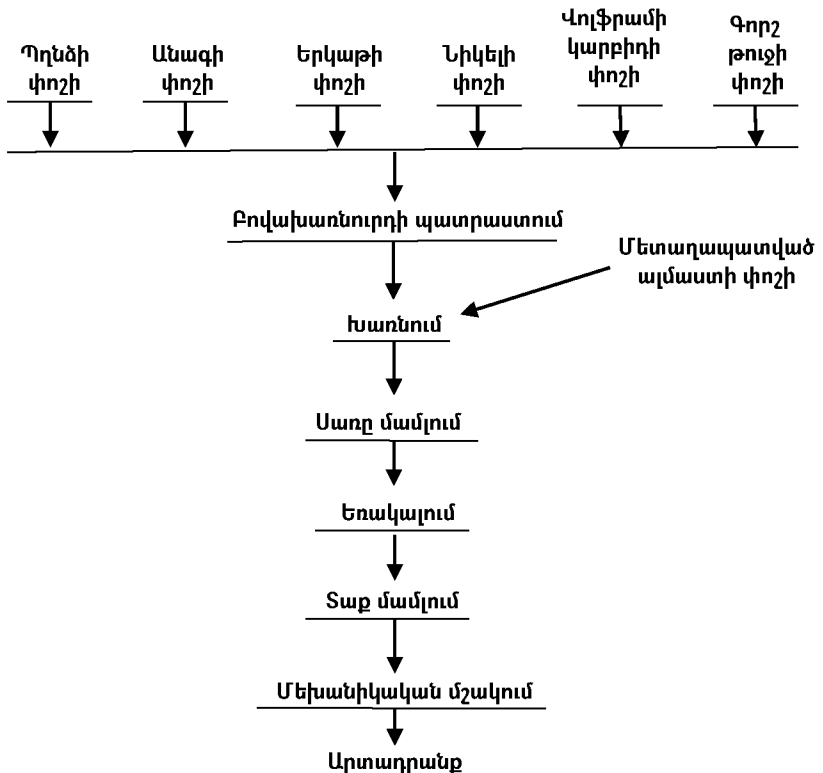


Նկ. 4. Տիտանե ծածկույթի փոխազդեցությունը մետաղական կապակցանյութի բաղադրիչների հետ. ա- HSD90 (AC200) մակնիշի ալմաստե հատիկի ($[C]^*$) և կապակցանյութի բաշխումը, բ – C-ի բաշխումը, գ –Ti-ի բաշխումը, դ- Cu-ի բաշխումը, ե- Ni-ի բաշխումը, զ- Fe-ի բաշխումը, է – Sn-ի բաշխումը, ը –Ti-ի, Cu-ի և C-ի սկանագիրը

Ուսումնասիրվել է $34\%Fe+6\%Ni+32\%Cu+8\%Sn+10\%WC+10\%C\varphi 18$ մակնիշի գորշ թուջի տաշեղի փոշի բաղադրությամբ կապակցանյութի կարծրության և սեղմման ամրության փոփոխությունները՝ կախված տաք մամլման ճնշումից՝ ալմաստի տարբեր կոնցենտրացիաների և եռակալման տևողության տարբեր արժեքների դեպքում, ինչպես նաև կախված եռակալման տևողությունից՝ տաք մամլման ճնշման տարբեր արժեքների դեպքում: Ցույց է տրված, որ եռակալված նմուշների սեղմման ամրությունը կտրուկ աճում է տաք մամլման ճնշման մեծացմանը զուգընթաց: Սակայն ալմաստամետաղական նմուշների պատրաստման տեխնոլոգիական ռեժիմների մնացած հավասար պայմանների դեպքում դրանց ամրության ցուցանիշները նվազում են ալմաստափոշու հարաբերական կոնցենտրացիան 25%-ից 100% բարձրացնելու դեպքում, որը բացատրվում է կապակցանյութի մետաղական բաղադրիչ տարրերի քիմիական կապի ավելի մեծ էներգիայով: Այդ է պատճառը, որ նմուշների մեջ ալմաստային փոշու կոնցենտրացիան ավելացնելիս ալմաստամետաղական

կոմպոզիտային նյութի կապի էներգիան նվազում է, և նրա քայքայումը տեղի է ունենում ավելի փոքր բեռնվածքների դեպքում:

Չորրորդ գլխում կատարված հետազոտությունների արդյունքների հիման վրա մշակվել է տիտանով մետաղապատված HSD90 (AC200) մակնիշի ավաստային հատիկներով և $34\%Fe+6\%Ni+32\%Cu+8\%Sn+10\%WC+10\%C_4I_8$ մակնիշի գորշ թուջի տաշեղի փոշի բաղադրությամբ կապակցանյութով քարամշակման գործիքների պատրաստման նոր տեխնոլոգիա (նկ. 5), որը հնարավորություն է տալիս ապահովելու առավելագույն արտադրողականություն: Կատարվել համապատասխան սարքավորումների ընտրում:



Նկ. 5. Քարամշակման համար ավաստամետաղական HSD90 (AC200) մակնիշի ավաստային հատիկներով մետաղապատված տիտանով կոմպոզիտային նյութերի ստացման տեխնոլոգիական սխեմա

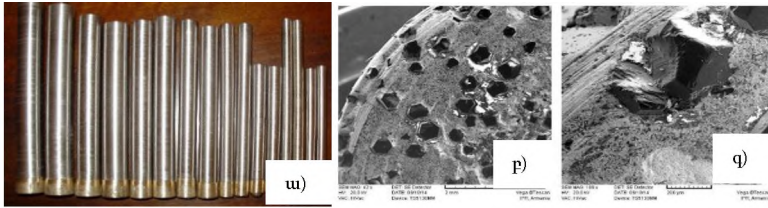
Համաձայն մշակված տեխնոլոգիայի՝ ավաստային փոշիները նախօրոք ենթարկվել են տիտանով մետաղապատման հալոգենային միջավայրում, իսկ

գորշ թուջի փոշին ստացվել է թուջի մեխանիկական մշակումից ստացված տաշեղների մանրացմամբ: Պատրաստվել է կապակցանյութ $34\%Fe+6\%Ni+32\%Cu+8\%Sn+10\%WC+10\%C+18$ մականիշի գորշ թուջի տաշեղի փոշի բաղադրությամբ, ընդ որում, հավասարաչափ խառնում ապահովելու համար ավելացվել է $\sim 1\%$ տեխնիկական սպիրտ, իսկ խառնումը կատարվել է 7...8 ժամ:

Ալմաստամետաղական բովախառնուրդի հավասարաչափ խառնումն ապահովելու համար նրա մեջ ավելացվել է գլիցերինի 20%-ոց սպիրտային լուծույթ $1,5...2,0\%$ քանակությամբ (ըստ զանգվածի): Խառնումն իրականացվել է 8...10 ժամ: Ստացված բովախառնուրդը կշռվել է ըստ պահանջվող զանգվածի և ենթարկվել սառը մամլման, որն իրականացվել է քանդվող մամլածնկի մեջ: Սկզբից մամլածնկի խոռոչի մեջ լցվել է ալմաստ չպարունակող շերտի բովախառնուրդը և հատուկ մամլամատով հարթեցվել, ապա լցվել է ալմաստ պարունակող բովախառնուրդը, հարթեցվել, ու կատարվել է մամլում: Մամլածնկի մասերի հաշվարկը կատարվել է այն նկատառումից ելնելով, որ ստացված մամլվածքի ծակոտկենությունը չգերազանցի 20...25%:

Կառուցվածքագոյացման նպատակով բրիկետները շարվել են տաք մամլման մամլածնկի մեջ, այնուհետև մամլվածքները մամլակաղապարի հետ միասին ենթարկվել են եռակալման՝ պաշտպանիչ միջավայրում: Եռակալման ժամանակ գլիցերինը ցնդում է և հեռանում, ինչպես նաև որոշակի չափով տեղի է ունենում մետաղափոշիների վերականգնում: $T_{\text{եռ.}}=800\pm 20^{\circ}\text{C}$ -ում $\tau_{\text{եռ.}}=0,75...1,0$ ժամ պաշտպանիչ միջավայրում եռակալումից հետո մամլածնր եռակալված սեզմենտների հետ միասին 30 րոպե ընդհանուր տևողությամբ տաքացվել և պահվել է $850\pm 10^{\circ}\text{C}$, որից հետո այն դրվել է մամլիչի տակ, և կատարվել տաք մամլում, մինչև որ մամլամատերի վերին հարթությունը հավասարվի մամլածնկի վերին հարթության հետ: Այս դիրքով մամլածնր պահվել է 2...3 րոպե, ապա տեղափոխվել հովացման: Սառը մամլածնր քանդվել է, իսկ սեզմենտների ալմաստ չպարունակող մակերևույթը ենթարկվել հղկման:

Մշակված կապակցանյութով պատրաստվել են ալմաստային մատային ֆրեզներ (նկ. 6ա)՝ թվածրագրային կառավարվող (ԹԾԿ) ֆրեզային հաստոցի վրա տարբեր կարծրության բնական քարերի մշակման համար: Գրանիտի ֆրեզման ժամանակ առավելագույն արդյունավետությամբ առանձնացել են կարծրության միջին ցուցանիշով ֆրեզները՝ HRB-80 միավոր, իսկ HRB-100 միավոր կարծրությամբ ֆրեզներն իրենց արտադրողականությամբ 1,5 անգամ զիջում էին դրանց: Միաժամանակ՝ վերջիններս ավելի արդյունավետ էին բազալտի մշակման ժամանակ: Ալմաստային մատային ֆրեզներով բնական քարերի ֆրեզման ժամանակ բազալտայտվել է, որ մետաղապատված ալմաստահատիկները նույնիսկ ջարդվելով մնում են կապակցանյութի մեջ ամուր ամրացված և շարունակում մասնակցել կտրման գործընթացին (նկ. 6բ, գ):



Նկ. 6. Ալմաստային ֆրեզներ (ա) և դրանց աշխատանքային մակերևույթը քարամշակումից հետո՝ բ) x40, գ) x180

Իրականացվել են ալմաստամետաղական կոմպոզիտներից պատրաստված գործիքների համար երկփուլանի փորձարկումներ: Նախնական փորձարկումների համար օգտագործվել են 500մմ տրամագծով, իսկ վերջնական փորձարկումների համար՝ 1200մմ տրամագծով սկավառակային սղոցներ: Որպես մշակվող նյութ օգտագործվել է բազալտը: Փորձարկումների արդյունքում որոշվել են գործիքների տեսակարար մաշվածքի չափերը և ալմաստի տեսակարար ծախսը: Իրականացվել են ալմաստամետաղական սեգմենտների աշխատանքային մակերևույթների ուսումնասիրում: Պարզվել է, որ ընկած ալմաստային հատիկների թիվը կազմել է մնացած հատիկների 8-10 %-ը: Շատ հատիկներ կապակցանյութից դուրս են եկած իրենց չափի 50...60%-ով, որը փաստում է կապակցանյութով ալմաստի հատիկն ամուր պահելու ունակության մասին:

Մշակված տեխնոլոգիայով պատրաստված գործիքների փորձարկումները ցույց են տակիս, որ դրանք ապահովում են բարձր արտադրողականություն, հատկապես կարծր քարերի մշակման ժամանակ, և շնորհիվ ալմաստի հատիկների ժամանակին բացվելուն՝ կտրման ողջ գործընթացի ժամանակ այս գործիքները չեն կորցնում իրենց կտրող հատկությունները:

Կատարվել է տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների հաշվարկ, համաձայն որի միջին կարծրության բազալտի մշակման ժամանակ նոր ալմաստամետաղական կոմպոզիտային նյութի ներդրման տարեկան շահույթը կկազմի 2175524 դրամ:

ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐ ԵՎ ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Հայրենական և արտասահմանյան գրականության վերլուծության արդյունքում պարզվել է, որ քարամշակման ալմաստային գործիքների պատրաստման համար հեռանկարային են համարվում այն կոմպոզիտային նյութերը, որոնք ամրության, մաշակայունության, հարվածային մածուցիկության հետ մեկտեղ օժտված են հակաշփական հատկություններով և որոշակի փխրունությամբ: Ալմաստային գործիքի աշխատանքը հաջողված է համարվում, երբ մշակող ալմաստային հատիկները բթանալուց հետո ընկնում են, իսկ

նոր հատիկներն այդ ժամանակ կապակցանյութի մաշման հաշվին «բացվում» են և մտնում աշխատանքի մեջ, այսինքն՝ կապակցանյութը պետք է լինի ինքնասրվող: Կապակցանյութի ամրացնող և, միաժամանակ, ինքնասրվող հատկությունների ճիշտ հարաբերակցությամբ էլ պայմանավորված է ավաստային գործիքի արդյունավետ աշխատանքը:

2. Ցույց է տրված, որ քարամշակման արտադրությունում օգտագործվող պղինձ-անագային և երկաթ-նիկելային հիմքով մետաղական կապակցանյութերն ունեն բարձր ջերմահաղորդականություն, համապատասխանում են կապակցանյութի պահանջներին և ապահովում գործիքի կայուն աշխատանքը: Հետազոտությունների արդյունքում քարամշակման գործիքների համար որպես կապակցանյութի մայրակ ընտրվել և հիմնավորվել են պղինձի և անագի փոշիների խառնուրդը 4:1 հարաբերությամբ, որպես լեգիրող տարրեր՝ երկաթը և նիկելը, որպես լցանյութ՝ վոլֆրամի կարբիդը, իսկ որպես պինդ քսանյութ՝ C418 մակնիշի գորշ թուջի տաշեղի փոշին: Որպես կտրող տարր ընտրվել է HSD90 (AC200) մակնիշի ավաստափոշին, որն ունի հարվածային բարձր ամրություն և ջերմակայունություն՝ հատկապես պաշտպանիչ միջավայրում: Ուսումնասիրվել են ելանյութերի բնութագրերը, և կատարվել չափիչ-հսկիչ սարքավորումների ընտրում ու հիմնավորում:

3. Ցույց է տրվել, որ հալոգենային միջավայրում ավաստային հատիկների մետաղապատման ռեակցիաներն ընթանում են փուլային տարբերակներով, որոնք ներկայացվել են առաջին կարգի ռեակցիաներով, և բնութագրվում են միակողմանի պինդ ֆազային նյութատեղափոխությամբ, այսինքն՝ մետաղապատման իրականացվում է երկմոլեկուլների միացման ռեակցիաներով: Բացահայտվել է, որ բոլոր ռեակցիաների համար, որոնցով կատարվում է մետաղապատումը, ΔG_f^0 – ի արժեքները ցածր են զրոյից, այսինքն՝ ռեակցիաներն ընթանում են, իսկ նյութափոխանակության գործընթացն իրական է: Նյութափոխանակության ռեակցիաների մեխանիզմի և կինետիկայի վերլուծությամբ բացահայտվել է, որ մետաղապատման վրա ազդող հիմնական մեծություններն են՝ T- ջերմաստիճանը ($^{\circ}\text{C}$), τ – ժամանակամիջոցը (րոպե) և NH_4Cl -ի պարունակությունը (%):

Հալոգենային միջավայրում HSD90 (AC200) մակնիշի ավաստային հատիկների մետաղապատման գործընթացի հետազոտման արդյունքում բացահայտվել է, որ մետաղապատման ջերմաստիճանի, տևողության և NH_4Cl -ի քանակության մեծացումով տեղի է ունենում ծածկույթի հաստության և մետաղապատված ավաստի ամրության մեծացում 1,5...2,0 անգամ՝ համեմատած նույն մակնիշի չմետաղապատված ավաստի ամրության հետ: Ցույց է տրված, որ մետաղապատման սկզբնական փուլում ծածկույթի գոյացումն ու ձևավորումն իրականանում են ընտրովի. տեղի է ունենում, այսպես կոչված, «ցեմենտացում», այսինքն՝ միկրոճաքերի և բյուրեղի այլ մակերևութային

արատների վերացում լցման ճանապարհով: Ծածկութապատման գործընթացում ստացված թաղանթը հավասարաչափ նստում է հատիկի մակերևույթին՝ լցնելով բոլոր միկրոանհարթությունները:

4. Բացահայտվել է, որ հալոգենային միջավայրում HSD90 (AC200) մակնիշի ավաստային հատիկների մետաղապատման արդյունքում ստացված ծածկույթներն ունեն շերտավոր կառուցվածք հետևյալ ֆազերի առկայությամբ. քրոմային ծածկույթի դեպքում՝ $Cr_3C-Cr_7C_3-Cr_{23}C_6-Cr$, տիտանի և երկաթի ծածկույթների դեպքում համապատասխանաբար՝ $TiC-Ti$ և Fe_3C-Fe : Ջերմա-ժանրաչափական վերլուծությամբ ցույց է տրված, որ ինչպես օդում, այնպես էլ արգոնի միջավայրում տաքացնելիս մետաղապատված ավաստափոշիների ջերմակայունությունը բարձրանում է $\sim 70^\circ C$:

Հետազոտվել է «ծածկույթ-կապակցանյութ» ֆազերի սահմանում տեղի ունեցող ծածկույթի մետաղի (Ti) և կապակցանյութի կոմպոնենտների (Cu-Sn) փոխադարձ դիֆուզիայի գործընթացը, որի արդյունքում ապահովվում է անցումային շերտի ամուր կապ՝ նպաստելով կապակցանյութով ավաստային հատիկների բռնողունակության մեծացմանը: Կատարված համալիր հետազոտությունների արդյունքում մշակվել է HSD90 (AC200) մակնիշի ավաստային հատիկների վրա մետաղական ծածկույթների նստեցման տեխնոլոգիա, որի հիմքում ընկած է կետային աղբյուրներից ջերմադիֆուզիոն հագեցման մեխանիզմը:

5. Տեսական և փորձարարական հետազոտությունների արդյունքում բացահայտվել է, որ տիտանով մետաղապատված HSD90 (AC200) մակնիշի ավաստային հատիկներով պատրաստված ավաստամետաղական կոմպոզիտային նյութի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները՝ կարծրությունը, հարվածային մածուցիկությունը և կտրման ամրությունը, կախված են մի շարք տեխնոլոգիական գործոններից, մասնավորապես՝ ավաստամետաղական կոմպոզիտային նյութի բաղադրությունից, սառը մամլման ճնշումից, եռակալման ջերմաստիճանից, եռակալման ջերմաստիճանում պահման տևողությունից և տաք մամլման ճնշումից:

Հետազոտությունների արդյունքում ընտրվել և հիմնավորվել են տիտանով մետաղապատված HSD90 (AC200) մակնիշի $[C]^*+34\%Fe+6\%Ni+32\%Cu+8\%Sn+10\%WC+10\%C_4I_8$ մակնիշի գորշ թուջի տաշեղի փոշի պարունակող ավաստամետաղական կոմպոզիտային բովախառնուրդի սառը մամլման լավարկված ռեժիմները, համաձայն որոնց՝ սառը մամլման 200...250 ՄՊա տեսակարար ճնշման արժեքի դեպքում մամլվածքի ծակոտկենությունը կազմում է 20...25%:

6. Մշակված ավաստամետաղական կոմպոզիտային նյութի՝ տիտանով մետաղապատված HSD90 (AC200) մակնիշի ավաստի փոշի ($[C]^*$) $+34\%Fe+6\%Ni+32\%Cu+8\%Sn+10\%WC+10\%C_4I_8$ մակնիշի գորշ թուջի տաշեղի փոշի

բաղադրությամբ, ջերմաձանրաչափական հետազոտության արդյունքում ընտրվել և հիմնավորվել են եռակալման և տաք մամլման լավարկված ռեժիմները. եռակալման ջերմաստիճանը՝ $800 \pm 20^\circ\text{C}$, պահման տևողությունը՝ 0,75...1,0 ժամ, տաք մամլման ջերմաստիճանը՝ $850 \pm 10^\circ\text{C}$, պահման տևողությունը՝ 25...30 րոպե, տեսակարար ճնշումը՝ 80...100 ՄՊա, որի դեպքում կոմպոզիտի կարծրությունը կազմում է 60...102 HRB, հարվածային մածուցիկությունը՝ KCU 2...36 ԿՁ/մ^2 , խզման ամրությունը՝ 23...160 ՄՊա: Ցույց է տրված, որ տաք մամլման ժամանակ 30%-ից մեծ դեֆորմացիայի դեպքում տեղի է ունենում մետաղապատված ալմաստի հատիկների ջարդման գործընթաց, ընդ որում, ալմաստի հատիկների կոնցենտրացիայի մեծացումով ավելի շատ թվով հատիկներ են ենթարկվում ջարդման:

7. Բացահայտվել են մշակված ալմաստամետաղական կոմպոզիտային նյութի կառուցվածքագոյացման առանձնահատկությունները և մեխանիկական հատկությունների փոփոխությունը՝ կախված լցանյութերի կոնցենտրացիայից: Ցույց է տրված, որ C418 մակնիշի գորշ թուջի ավելացումը փոքրացնում է կապակցանյութի հարվածային մածուցիկությունը, կարծրությունը և կտրման ամրությունը: Ընդ որում, որքան փոքր է լցանյութի հատիկայնությունը, այնքան մեծ է նրա ազդեցությունը մեխանիկական հատկությունների վրա՝ ապահովելով կապակցանյութի ինքնասրման հատկությունը: Վոլֆրամի կարբիդի ներմուծումը կապակցանյութի մեջ նպաստում է հարվածային մածուցիկության իջեցմանը և կարծրության բարձրացմանը: Նիկելը և երկաթը նույնպես բարձրացնում են կոմպոզիտի կարծրությունը, ամրությունը և մաշակայունությունը: Արդյունքում, փոփոխելով լցանյութերի պարունակությունը և հատիկաչափական կազմը, կարող ենք ստանալ պահանջվող մեխանիկական հատկություններով կապակցանյութեր:

8. HSD90 (AC200) մակնիշի տիտանով մետաղապատված ալմաստային հատիկներով ալմաստամետաղական կոմպոզիտային նյութի մետաղագրական վերլուծությամբ բացահայտվել է, որ կոմպոզիտային նյութն ունի հետերոգեն կառուցվածք. մայրակը ներկայացնում է հիմնականում α (անագի պինդ լուծույթը պղնձում՝ 13,5% անագի պարունակությամբ) և δ ֆազերի ($\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$) խառնուրդ, որում հավասարաչափ բաշխված են α -երկաթի և նիկելի պինդ լուծույթները և ինտերմետաղական ֆազերն անագի և պղնձի հետ, իսկ լցանյութերը՝ գրաֆիտի և վոլֆրամի կարբիդի հատիկները, երևում են առանձին հատիկների տեսքով: Միաժամանակ, գորշ թուջի առկայությունը կոմպոզիտում հանգեցնում է ազատ գրաֆիտի առաջացմանը, որը նպաստում է կոմպոզիտի հակաշփական հատկությունների լավացմանը:

9. Բացահայտվել է, որ HSD90 (AC200) մակնիշի տիտանով մետաղապատված ալմաստային հատիկների ծածկույթի և մշակված մետաղական կապակցանյութի բաղադրամասերի փոխազդեցության արդյունքում՝ «ծած-

կույթ-կապակցանյութ» ֆազերի սահմանում, տեղի է ունենում ծածկույթի մետաղի (Ti) և կապակցանյութի փոխադարձ դիֆուզիա, որն ապահովվում է սահմանային ֆազերի ամուր կապը: Ցույց է տրված, որ տարրերի բաշխվածությունը կատարվում է ծածկույթի ամբողջ մակերևույթով:

10. Ուռումնասիրվել են $34\%Fe+6\%Ni+32\%Cu+8\%Sn+10\%WC+10\%C_{418}$ մակնիշի գորշ թուջի տաշեղի փոշի բաղադրությամբ կապակցանյութի կարծրության և սեղմման ամրության փոփոխությունները՝ կախված տաք մամլման ճնշումից, ալմաստի տարբեր կոնցենտրացիաների և եռակլաման տևողության տարբեր արժեքների դեպքում, ինչպես նաև կախված եռակլաման տևողությունից՝ տաք մամլման ճնշման տարբեր արժեքների դեպքում: Ցույց է տրված, որ եռակլաված նմուշների սեղմման ամրությունը կտրուկ աճում է տաք մամլման ճնշման մեծացմանը զուգընթաց: Սակայն ալմաստամետաղական նմուշների պատրաստման տեխնոլոգիական ռեժիմների մնացած հավասար պայմանների դեպքում դրանց ամրության ցուցանիշները նվազում են՝ ալմաստափոշու հարաբերական կոնցենտրացիան 25% -ից 100% բարձրացնելու դեպքում, որը բացատրվում է կապակցանյութի մետաղական բաղադրիչ տարրերի քիմիական կապի ավելի մեծ էներգիայով, քան որևէ տարրին ալմաստափոշու հետ: Այդ է պատճառը, որ նմուշների մեջ տիտանով մետաղապատված ալմաստային փոշու կոնցենտրացիան ավելացնելիս ալմաստամետաղական կոմպոզիտային նյութի կապի էներգիան նվազում է, և նրա քայքայումը տեղի է ունենում ավելի փոքր բեռնվածքների դեպքում:

11. Մշակվել է տիտանով մետաղապատված HSD90 (AC200) մակնիշի ալմաստային հատիկներով և $34\%Fe+6\%Ni+32\%Cu+8\%Sn+10\%WC+10\%C_{418}$ մակնիշի գորշ թուջի տաշեղի փոշի բաղադրությամբ կապակցանյութով քարամշակման գործիքների պատրաստման նոր տեխնոլոգիա, որը ներառում է կապակցանյութի պատրաստում, ալմաստային հատիկների թերմոդիֆուզիոն մետաղապատում տիտանով, մետաղաալմաստային կոմպոզիտային բովախառնուրդի պատրաստում, սառը մամլում, եռակլում, տաք մամլում և մեխանիկական մշակում գործընթացները: Ցույց են տրված, որ նոր տեխնոլոգիայով ալմաստամետաղական կոմպոզիտային նյութերից պատրաստված գործիքներն ունեն բարձր արտադրողականություն՝ շնորհիվ կոմպոզիտի մեջ վոլֆրամի կարբիդի ու գորշ թուջի $8...12\%$ ավելացման: Դա նպաստում է արտադրողականության առավելագույն արժեքի ստացմանը:

Կատարվել է տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների հաշվարկ, համաձայն որի միջին կարծրության բազալտի մշակման ժամանակ նոր ալմաստամետաղական կոմպոզիտային նյութի ներդրման տարեկան շահույթը կկազմի 2175524 դրամ:

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները և դրույթները հրատարակված են հետևյալ գիտական աշխատանքներում.

1. Агбалян А.С., Ордян Н.А., Мартиросян А.М., Погосян Х.В. Новая технология изготовления алмазных инструментов на металлических связках // Вестник НПУА: Metallurgy, materials science, mineral processing.- Yerevan, 2017.- N 1.- С. 16-25.

2. Պողոսյան Խ.Վ. Քարամշակման արտադրությունում օգտագործվող ավանստային փոշիները, կապակցանյութերը, դրանց կառուցվածքը և հատկությունները // Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի Լրաբեր.- Գիտական հոդվածների ժողովածու: Մաս 2.- Երևան: Ճարտարագետ, 2017.- էջ 881-892:

3. Աղբալյան Ս.Գ., Աղբալյան Ա.Ս., Օրդյան Ն.Ա., Պողոսյան Խ.Վ. Հալոգենային միջավայրում ավանստային հատիկների մետաղապատման գործընթացի տեսական հիմնավորումը // ՀՀ ԳԱԱ և ՀԱՊՀ տեղեկագիր.- ՏԳ սերիա.-Երևան, 2018.- Հատ. LXXI.- № 1.- էջ. 18-28:

4. Sagradyan A.I., Aghbalyan S.G. Martirosyan A.M., Ordyan N.A., Pogosyan Kh.V. Extending Life of Diamond Tools for Machining Nonmetallic Materials // Jurnal of Superhard Materials.- Kiev, 2018, vol. 40.- N3.-pp. 216-221. (Саградян А.И., Агбалян С.Г., Мартиросян А.М., Ордян Н.А., Погосян Х.В. Повышение ресурса работы алмазного инструмента для обработки неметаллических материалов // Сверхтвердые материалы.- Киев, 2018.- N 3.- С.79-86).

5. Աղբալյան Ս.Գ., Աղբալյան Ա.Ս., Օրդյան Ն.Ա., Պողոսյան Խ.Վ. Հալոգենային միջավայրում ավանստային հատիկների մետաղապատման գործընթացի հետազոտումը // ՀՀ ԳԱԱ և ՀԱՊՀ տեղեկագիր.- ՏԳ սերիա.- Երևան, 2018.- Հատ. LXXI.- № 2.- էջ. 107-120:

6. Պողոսյան Խ.Վ.. Քարամշակման արտադրությունում օգտագործվող ավանստամետաղական կոմպոզիցիաները և դրանց հատկությունները // Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի Լրաբեր.- Գիտական հոդվածների ժողովածու: Մաս 2.- Երևան: Ճարտարագետ, 2018.- էջ 571-581:

7. Мартиросян А.М., Агбалян С.Г., Ордян Н.А., Агбалян А.С., Погосян Х.В. Разработка технологии изготовления высокопроизводительных алмазных инструментов на металлической связке методом жидкофазного спекания // II Международная конференция молодых ученых, работающих в области углеродных материалов.- Сборник тезисов докладов.- 2019.- Углеродное общество.- Москва, г. Троицк.- 2019.- С. 187-190.

8. Աղբալյան Ս.Գ., Օրդյան Ն.Ա., Մարտիրոսյան Ա.Մ., Աղբալյան Ա.Ս., Պողոսյան Խ.Վ. Քարամշակման արտադրությունում օգտագործվող ավանստամետաղական կոմպոզիտային նյութերի ստացման տեխնոլոգիաները

և առանձնահատկությունները // Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի Լրաբեր.- Գիտական հոդվածների ժողովածու: Մաս 2.- Երևան: Ճարտարագետ, 2019.- էջ. 508-522:

9. Ордян Н.А., Агбальян А.С., Мартиросян А.М., Погосян Х.В. Исследование процессов холодного прессования, спекания и горячего прессования металлоалмазных композитных материалов с металлизированными алмазными зёрнами // Вестник НПУА: Металлургия, материаловедение, недропользование.- Ереван, 2019.- N 1.- С. 44-56.

10. ՀՀ գյուտի արտոնագիր N 3341 А, Մետաղական կապակցանյութով ավմաստային գործիքի պատրաստման եղանակ / Ս.Գ. Աղբալյան, Ա.Մ. Մարտիրոսյան, Ա.Ս. Աղբալյան, Ն.Ա. Օրդյան, Խ.Վ. Պողոսյան, 2019, ՄԱԴ (2019.01), B24D 3/00:

11. Агбальян А.С., Ордян Н.А., Мартиросян А.М., Агбальян А.С., Погосян Х.В. Исследование механизма структурообразования в переходном слое металлоалмазных композиционных материалов с металлизированными алмазными зёрнами, полученных жидкофазным свободным спеканием // Вестник НПУА: Металлургия, материаловедение, недропользование.- Ереван, 2020.- N 1.- С. 39-51.

12. Саградян А.И., Агбальян С.Г., Мартиросян А.М., Ордян Н.А., Погосян Х.В. Изучение возможности оптимизации технологии изготовления алмазных инструментов на металлической связке // Харьковский национальный технический университет (ХНТУ).- Научно-технический сборник.- Різання та інструменти в технологічних системах.- Харьков.- 2020.- Выпуск 92.- С. 136-143.

13. Мартиросян А.М., Агбальян А.С., Ордян Н.А., Агбальян А.С., Погосян Х.В. Разработка связки для изготовления алмазнометаллического инструмента методом свободного спекания // 12-я Международная конференция “Углерод: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технология”.- Сборник тезисов докладов.- Москва, г, Троицк.- 2020.- С. 107-110.

14. Աղբալյան Ս.Գ., Պողոսյան Խ.Վ. HSD90 (AC200) մակնիշի չմետաղապատված և մետաղապատված ավմաստափոշիների կայունության, գրաֆիտացման և օքսիդացման գործընթացների հետազոտումը // ՀՀ ԳԱԱ և ՀԱՊՀ տեղեկագիր.- ՏԳ սերիա.- Երևան, 2021.- Հատ. LXXVI.- № 1.- էջ. 5-16:

15. Агбальян С.Г., Ордян Н.А., Мартиросян А.М., Агбальян Артак С., Погосян Х.В. Исследование процесса структурообразования и износостойкости абразивных инструментов на металлической связке состава 51%Fe+9%Ni+32%Cu+8%Sn, изготовленных из металлизированных титаном алмазных порошков // Вестник НПУА: Металлургия, материаловедение, недропользование.- Ереван, 2021.- N 1.- С. 29-40.

16. Աղբալյան Ս.Գ., Օրդյան Ն.Ա., Մարտիրոսյան Ա.Մ., Աղբալյան Ա.Ս., Պողոսյան Խ.Վ. Մետաղապատված ավմաստային հատիկներով կոմպոզիտային նյութերի ստացման տեխնոլոգիայի մշակումը տաք մամլմամբ // ՀՀ ԳԱԱ և ՀԱՊՀ տեղեկագիր.- ՏԳ սերիա.- Երևան, 2022.- Հատ. LXXV.- № 1.- էջ. 16-26:

РЕЗЮМЕ

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ГОРЯЧИМ ПРЕССОВАНИЕМ С МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫМИ АЛМАЗНЫМИ ЗЕРНАМИ

Диссертация посвящена исследованию металлизации титаном алмазных порошков марки HSD90 (AC200) термодиффузионным методом, получению новой износостойкой связки, разработке технологий получения алмазно-металлического композитного материала методом горячего прессования и процессов формирования структуры и свойств.

В качестве исходного материала для алмазно-металлического композита была выбрана смесь порошков меди и олова в соотношении 4:1, легирующих элементов - порошки железа и никеля, наполнителя - порошок карбида вольфрама, а в качестве твердой смазки - порошок серого чугуна. Изучены процессы стабилизации, графитизации и окисления HSD90 (AC200) алмазных порошков при нагревании в среде воздуха и аргона. Показано, что порошки синтетических алмазов этой марки обладают высокой ударной вязкостью и высокой термостойкостью, особенно в защитной среде. Установлено, что основными величинами, влияющими на металлизацию, являются: T - температура ($^{\circ}\text{C}$), τ - время (мин) и содержание NH_4Cl (%), с увеличением которых прочность металлизированного алмазного зерна увеличивается в 1,5...2,0 раза. Структура покрытия слоистая и имеет состав $\text{TiC} - \text{Ti}$. При нагревании в воздушной среде и в среде аргона термостойкость металлизированных алмазов увеличивается до $\sim 70^{\circ}\text{C}$.

Обнаружено, что в зоне фаз "покрытие-связка" происходит процесс взаимной диффузии металла покрытия (Ti) и компонентов связки (Cu-Sn), что способствует увеличению прочности удержания алмазного зерна со стороны связки.

Обнаружено также, что твердость, ударная вязкость и сила резания алмазно-металлического композитного материала зависят от состава, давления холодного прессования, температуры спекания, времени выдержки и давления горячего прессования.

Выбраны и обоснованы оптимальные режимы холодного прессования для шихты алмазно-металлического композитного материала следующего состава: $[\text{C}]^* + 34\% \text{Fe} + 6\% \text{Ni} + 32\% \text{Cu} + 8\% \text{Sn} + 10\% \text{WC} + 10\%$ порошка стружки серого чугуна (Сч18), согласно которым при удельном давлении 200...250 МПа при холодном прессовании пористость составляет 20... 25%.

Выбраны и обоснованы оптимальные режимы спекания и горячего прессования, согласно которым температура спекания составляет $800 \pm 20^{\circ}\text{C}$ с продолжительностью выдержки 0,75...1,0 часа; температура горячего прессования - $850 \pm 10^{\circ}\text{C}$ с продолжительностью выдержки 25...30 мин; удельное давление - 80...100 МПа. При этом твердость композита составляет 60...102 HRB, ударная вязкость - $\text{KCU} 2 \dots 36 \text{ кДж/м}^2$, прочность на разрыв - 23...160 МПа.

Показано, что при горячем прессовании со степенью деформации более 30% алмазные зерна ломаются.

Выявлено, что введение карбида вольфрама в композит способствует уменьшению ударной вязкости, увеличению твердости, а никель и железо помогают повысить твердость, прочность и износостойкость композита. Добавление серого чугуна снижает ударную вязкость связки и в некоторой степени твердость и силу резания. Причем, чем меньше размер зерен наполнителя, тем значительнее воздействие на механические свойства, обеспечивающие условие самозатачивания связки инструмента.

Обнаружено, что алмазно-металлический композитный материал с алмазными зернами марки HSD90 (AC200) с титановым покрытием имеет неоднородную структуру: матрица представляет собой в основном смесь α -фазы (твердый раствор олова в меди с содержанием олова 13,5%) и δ -фазы ($\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$), в которой равномерно распределены твердые растворы α -железа, никеля и интерметаллические фазы с оловом и медью, а наполнители: зерна графита и карбида вольфрама, выглядят в виде отдельных зерен. В то же время наличие в композите серого чугуна приводит к образованию свободного графита, что способствует улучшению антифрикционных свойств композита.

На основе комплексных исследований разработана технология изготовления инструмента для обработки камня из нового алмазно-металлического композиционного материала, включающая процессы производства связки, термодиффузионной металлизации алмазных зерен, изготовления шихты для алмазно-металлических композитов, холодного прессования, спекания, горячего прессования, механической обработки.

По теме диссертации опубликовано 16 научных работ, две из которых защищены авторским свидетельством, а одна - патентом РА.

SUMMARY

DEVELOPING A TECHNOLOGY FOR OBTAINING COMPOSITE MATERIALS BY HOT PRESSING WITH METALLIZED DIAMOND GRAINS

The dissertation is devoted to the study of titanium metallization of the HSD90 (AC200) trade diamond powders by the thermal diffusion method, the production of a new wear-resistant ligament, the development of technologies for obtaining a metal-diamond composite material by the hot pressing method and the processes of the formation of the structure and properties.

A mixture of copper and tin powders in the ratio of 4: 1 was chosen as an initial material for a diamond-metal composite, iron and nickel powders as alloying elements, a tungsten carbide powder as a filler, and gray cast iron powder as a solid lubricant. The processes of stabilization, graphitization and oxidation of HSD90 (AC200) diamond powders when heated in the air and argon have been studied. It has been shown that synthetic diamond powders of this grade have high impact strength and high heat resistance, especially in a protective environment. It is established that the main indicators affecting metallization are: T-temperature ($^{\circ}\text{C}$), τ -time (min) and the NH_4Cl content (%), whose increase brings about an increase in the strength of the metallized diamond grain by 1.5 ... 2.0 times. The coating structure is layered and has a TiC-Ti composition. When heated in the air and in argon, the thermal resistance of metallized diamonds increases up to $\sim 70^{\circ}\text{C}$.

It is revealed that in the phase zone "coating-ligament", a process of interdiffusion of the coating metal (Ti) and the binder components (Cu-Sn) takes place, which contributes to an increase in the holding strength of the diamond grain by the ligament.

It is also found that the hardness, the impact strength and the cutting force of a diamond-metal composite material depends on the composition, the cold pressing pressure, the sintering temperature, the holding time and the hot pressing pressure.

Optimal cold pressing modes are selected and substantiated for the charge of diamond-metal composite material of the following composition: $[\text{C}]^*+34\%\text{Fe}+6\%\text{Ni}+32\%\text{Cu}+8\%\text{Sn}+10\%\text{WC}+10\%$ of the powder of gray cast iron shavings C ψ 18, according to which, at a specific pressure of 200... 250 MPa during cold pressing, the porosity is 20...25%.

Optimal sintering and hot pressing modes are selected and substantiated, according to which the sintering temperature is $800\pm 20^{\circ}\text{C}$, the holding time is 0.75...1.0 hours, the hot pressing temperature is $850\pm 10^{\circ}\text{C}$, the holding time is 25...30 minutes, the specific pressure is 80...100 MPa, at which the hardness of the composite is 60...102 HRB, the impact strength - KCU 2...36 kJ/m 2 , the tensile strength - 23...160 MPa. It is shown that during hot pressing with the deformation degree of more than 30%, diamond grains break.

It is revealed that the introduction of tungsten carbide into the composite helps to reduce the impact strength and increase the hardness, while nickel and iron help to increase the hardness, strength, and wear resistance of the composite. The addition of gray cast iron reduces the impact strength of the ligament and, to some extent - the hardness and cutting force. Moreover, the smaller the size of the filler grains, the greater the effect on the mechanical properties, ensuring the condition for self-sharpening of the tool ligament.

It is found that a diamond-metal composite material with diamond grains of the HSD90 (AC200) grade coated by titanium coating has a heterogeneous structure: the matrix is mainly a mixture of the α -phase (solid tin solution of copper with a tin content of 13.5%) and the δ -phase ($\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$), in which solid solutions of intermetallic phases and α -iron-nickel are evenly distributed with tin and copper, while the fillers, the graphite and tungsten carbide granules, appear in the form of separate granules. At the same time, the presence of gray cast iron in the composite leads to the formation of free graphite, which improves the antifriction properties of the composite.

On the basis of comprehensive research, a technology has been developed for the manufacture of tools for processing stone from a new diamond-metal composite material, including the processes of ligament production, thermal diffusion metal coating of diamond grains, production of a charge for metal-diamond composites, cold pressing, sintering, hot pressing, and mechanical processing.

On the topic of the dissertation, 16 scientific works have been published, two of which are protected by copyright, and one - by the RA patent.

