

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ,  
ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ԱՍԶՅԱՆ Գրիգոր Հոփհաննեսի

**ՊԱՀԱՆՋՎՈՂ ՖՈՒՆԿՑԻՈՆԱԼ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐՈՎ ԱՐԳԵԼԱԿԱՅԻՆ  
ՇՓԱԿԱՆ ԱՍԲԵՍԱԶԵՐԾ ՆԵՐԴԻՐՆԵՐԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ  
ՄՇԱԿՈՒՄԸ**

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

**Ս Ե Ղ Մ Ա Գ Ի Ր**

**ԵՐԵՎԱՆ 2023**

---

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ, КУЛЬТУРЫ И СПОРТА  
РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ АРМЕНИИ

АСЧЯН Григор Оганесович

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЗАСБЕСТОВЫХ  
ТОРМОЗНЫХ НАКЛАДОК С ТРЕБУЕМЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ  
СВОЙСТВАМИ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

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

**ЕРЕВАН 2023**

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

Գիտական ղեկավար՝

տեխ. գիտ. դոկտոր, դոցենտ

Նորիկ Գալուստի Մելիքսեթյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

տեխ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր

Արտակ Իսրայելի Սահրադյան

տեխ. գիտ. թեկնածու, դոցենտ

Լյովա Գաբրիելի Գալստյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ ՀՀ ԳԱԱ Մեխանիկայի ինստիտուտ (ք. Երևան)

Ատենախոսության պաշտպանությունը կայանալու է 2023թ. դեկտեմբերի 8-ին, ժամը 14<sup>00</sup>-ին Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանում գործող ՀՀ-ի ԲԿԳԿ-ի «Մետալուրգիա և նյութագիտություն» մասնագիտական խորհրդի (թվանիշ՝ 031) «Նյութագիտություն» ենթախորհրդի (թվանիշ՝ Ե.16.01) նիստում:

Հասցեն՝ 0009, ք. Երևան, Տերյան փ., 105:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀԱՊՀ-ի գրադարանում:

Սեղմագիրը առաքված է 2023թ. հոկտեմբերի 27-ին:

031 մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար, տ.գ.դ., պրոֆեսոր

Ա.Ա. Հովհաննիսյան

Тема диссертации утверждена Ученым советом Национального политехнического университета Армении.

Научный руководитель:

докт. техн. наук, доцент

Норик Галустович Меликсетян

Официальные оппоненты:

докт. техн. наук, профессор

Артак Израелович Саградян

канд. техн. наук, доцент

Лёва Габриелович Галстян

Ведущая организация: Институт Механики НАН РА (г. Ереван)

Защита диссертации состоится 8-го декабря 2023г. 14<sup>00</sup> ч на заседании подсовета “Материаловедение” (шифр 05.16.01) Специализированного совета “Металлургия и материаловедение” (шифр 031) КВОН РА, действующего при Национальном политехническом университете Армении, по адресу: 0009, г. Ереван, ул. Теряна, 105.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НПУА.

Автореферат разослан 27-го октября 2023г.

Ученый секретарь Специализированного совета, д.т.н., профессор

А.М. Оганесян

## ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

**Աշխատանքի հրատապությունը և արդիականությունը:** Ֆունկցիոնալ հատկություններով պոլիմերային հիմքով կոմպոզիտային նյութերն անընդհատ ավելի լայն կիրառություն են գտնում տնտեսության տարբեր ոլորտներում: Բացառություն չեն նաև այդ դասին պատկանող արգելակային շփական նյութերը, և ներկայումս դրանց անվանացանկը ներառում է տարբեր հատկություններով հարյուրավոր շփանյութեր: Փոփոխելով պոլիմերային հիմքի և լցանյութերի կազմն ու քանակությունը, դրանց հարաբերակցությունը, լցանյութերի կողմնորոշումը՝ ստանցվում է նյութերի լայն տեսականի՝ նախապես տրված բնութագրերով և պահանջվող ֆունկցիոնալ հատկություններով: Ելնելով շրջակա միջավայրի բնապահպանական անվտանգության ապահովման անհրաժեշտությունից՝ պահանջվող ֆունկցիոնալ հատկություններով ասբեստագերծ շփական պոլիմերային նյութերի ստեղծման տեսական և տեխնոլոգիական սկզբունքների մշակումը հանդիսանում է ժամանակակից շփական նյութագիտության կարևոր գիտատեխնիկական նշանակություն ունեցող և արդիական խնդիրներից մեկը: Այն շատ կարևոր է հատկապես ավտոմոբիլային և երկաթուղային տրանսպորտի բնագավառներում:

«Վ ազգային բանակում, որպես ռազմական մեքենաներ հիմնականում շահագործվում են ՌԴ արտադրության բազմանիվ երկակի նշանակությամբ «Ուրալ» մակնիշի մեքենաներ, որոնց հիմնական առավելությունների թվում հանդես են գալիս առավելագույն անցունակությունը, բարձր արագությունը և բազմաֆունկցիոնալությունը: Այդ ավտոմեքենաների արգելակներում օգտագործվում են ՌԴ-ից և Ուկրաինայից ներկրվող պոլիմերային կոմպոզիտային շփական ներդիրներ: Արտակարգ իրավիճակների պայմաններում «Վ անվտանգության ապահովման հիմնախնդիրներից կենսական պահանջ է դարձել նաև այդ տրանսպորտային միջոցների արգելակային հանգույցների համար տեղական հումքի օգտագործմամբ շփական ներդիրների արտադրության կազմակերպումը:

«Վ կառավարության համալիր որոշումներով Երևանի մետրոպոլիտենի զարգացման ծրագրերը համարվում են ռազմավարական ծրագրերի բաղկացուցիչ մաս, և առանձնակի կարևորություն է տրված դրանց իրականացմանը: Մետրոպոլիտենի նշանակությունն անընդհատ մեծանում է՝ հատկապես վերգետնյա տրանսպորտում առկա խնդիրների պայմաններում, և դրա զարգացման համատեքստում կարևորագույն նշանակությունը տրված է շարժակազմի անվտանգ շահագործման ապահովող գործընթացներին: Հուսալի արգելակային համակարգերի և շփական ներդիրների օգտագործումը կարևորագույն պայմաններից մեկն է՝ հատկապես այն պայմաններում, երբ նկատվում են շարժակազմի արագությունը և բեռնվածությունը մեծացնելու միտումներ: Մետրոպոլիտենի շարժակազմի վազոնների և արգելակային

շփական ասբեստազերծ, ֆունկցիոնալ հատկություններով շփական ներդիրների ստեղծումը համարվում է հրատապ խնդիր:

«Հանքարդյունաբերության և մետալուրգիական արդյունաբերության թափոնների թելքերը և փոշիները, ունենալով առանձնահատկություններ, կարող են լինել որպես էթանագին հումք ասբեստազերծ և էկոլոգիապես մաքուր ֆունկցիոնալ հատկություններով արգելակային շփանյութերի բաղադրակազմերի մշակման համար՝ հիմնավորապես փոխելով սկզբնական նյութի շահագործողական բնութագրերն ու հատկությունները: Այս տեսակետից ներկայացվող աշխատանքը խիստ արդիական է և հրատապ:

**Ատենախոսության նպատակը:** Աշխատանքի նպատակն է՝ «Հանքարդյունաբերության և մետալուրգիական արդյունաբերության թափոնների կիրառմամբ մշակել պահանջվող ֆունկցիոնալ հատկություններով արգելակային շփական ասբեստազերծ ներդիրների ստացման տեխնոլոգիա և հետազոտել կառուցվածքագոյացման գործընթացը: Աշխատանքում հետազոտվել են «Հ-ում շահագործվող երկակի նշանակությամբ «Ուրալ» մակնիշի ավտոմեքենաների և Երևանի մետրոպոլիտենի վագոնների շփական ներդիրները՝ դրանք արգելակային հանգույցներում կիրառելու համար:

Նշված նպատակին հասնելու համար աշխատանքում առաջադրվել և լուծվել են հետևյալ խնդիրները.

1. Պահանջվող ֆունկցիոնալ հատկություններով ասբեստազերծ շփանյութերի կառուցվածքագոյացման սկզբունքների բացահայտումը և տեսական հիմնավորումը:

2. Պահանջվող ֆունկցիոնալ հատկություններով ասբեստազերծ շփանյութերի շփագիտական գործընթացների ուսումնասիրումը, տեսական հիմնավորումը և տեխնոլոգիայի մշակումը:

3. Պահանջվող ֆունկցիոնալ հատկություններով ասբեստազերծ շփանյութերի աշխատունակության գնահատումը և տնտեսագիտական հիմնավորումը:

Պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթներն են.

1. Պահանջվող ֆունկցիոնալ հատկություններով ասբեստազերծ կոմպոզիտային շփանյութերի ջերմունակության գործակցի ազդեցությունն արգելակային հանգույցի աշխատունակության վրա:

2. Պահանջվող ֆունկցիոնալ հատկություններով ասբեստազերծ կոմպոզիտային շփանյութերի բարձրջերմաստիճանային շփման և մաշման մեխանիզմը և կինետիկան:

3. «Հ հանքարդյունաբերության և մետալուրգիական արդյունաբերության թափոններից ստացված փոշիների կիրառմամբ՝ բարձր ջերմաստիճաններում աշխատունակ, պոլիմերային հիմքով և պահանջվող ֆունկցիոնալ

հատկություններով ասբեստազերծ կոմպոզիտային շփանյութերի կառուցվածքագոյացման մեխանիզմը և հատկությունները:

4. ՀՀ հանքարդյունաբերության և մետալուրգիական արդյունաբերության թափոններից ստացված փոշիների կիրառմամբ՝ բարձր ջերմաստիճաններում աշխատունակ, պոլիմերային հիմքով, պահանջվող ֆունկցիոնալ հատկություններով ասբեստազերծ կոմպոզիտային շփանյութերի ստացման տեխնոլոգիան:

**Աշխատանքի գիտական նորույթը:** Առաջին անգամ մշակվել են ՀՀ հանքարդյունաբերության և մետալուրգիական արդյունաբերության թափոններից ստացված թելքերի ու փոշիների կիրառմամբ բարձրջերմաստիճանային կարճատև և կրկնվող ռեժիմի պայմաններում աշխատունակ ու պահանջվող ֆունկցիոնալ հատկություններով օժտված արգելակային ասբեստազերծ կոմպոզիտային շփանյութերի ստեղծման սկզբունքները:

Առաջին անգամ բացահայտվել են Ալավերդու պղնձածուլական արտադրության խարամներում պարունակվող ֆայալիտի ( $Fe_2SiO_4$ ) ջերմաֆիզիկական և էնդոգեն հատկություններն ու նրա՝ որպես ֆունկցիոնալ հատկությունների կարգավորիչի օգտագործումն արգելակային շփանյութերի բաղադրակազմերում:

Որպես ֆունկցիոնալ պարամետր ընտրելով ջերմունակության գործակիցը՝ առաջին անգամ բացահայտվել են ֆունկցիոնալ հատկություններով արգելակային շփանյութերի մակերևութային շերտերի կառուցվածքային փոխակերպումները բարձրջերմաստիճանային շփման պայմաններում, և կատարվել է կառուցվածքագոյացման մեխանիզմի մոդելավորում:

Առաջին անգամ մշակվել է Windows ծրագրային միջավայրում հասանելիությամբ, winforms եղանակով ծրագրի ներմուծման և արտածման դաշտերի պատկերմամբ, ֆունկցիոնալ հատկություններով կոմպոզիտային շփանյութերի տեսակարար ջերմունակության գործակիցների ավտոմատ հաշվարկման ծրագիր՝ կախված բաղադրիչների ծավալային պարունակությունից: Ծրագիրը հնարավորություն է տալիս՝ հաշվարկելու շփանյութերի նվազագույն կամ առավելագույն տեսակարար ջերմունակության գործակիցները և ընտրելու բաղադրիչների տոկոսային հարաբերությունները՝ տարբեր տեսակարար ջերմունակության գործակիցներով շփանյութեր մշակելու համար:

Առաջին անգամ մշակվել են արգելակային բազմաբաղադրիչ նոր՝ Բաստենիտ-10 անվամբ պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ արգելակային ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութը (ՀՀ Գյուտի արտոնագիր N 752Y, 2022 թ) և նրա ստացման տեխնոլոգիան՝ արգելակային շփանյութերում կիրառվող կապակցանյութերի, լցուկների և ֆունկցիոնալ հատկությունների կարգավորիչների ուսումնասիրման հիման վրա:

**Աշխատանքի կիրառական նշանակությունը:** Արգելակային կոմպոզիտային շփանյութերի ֆունկցիոնալ հատկությունների կարգավորման սկզբունքներից ելնելով և ՀՀ հանքարդյունաբերության և մետալուրգիական արդյունաբերության թափոնների օգտագործմամբ՝ մշակվել են Բաստենիտ-10 անվամբ պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ արգելակային ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութի արդյունաբերական բաղադրակազմերը և տեխնոլոգիան՝ երկակի նշանակությամբ «Ուրալ» մակնիշի ավտոմեքենաների և մետրոպոլիտենի վագոնների արգելակների շփական ներդիրների պատրաստման համար:

**Ատենախոսության տեսական, տեղեկատվական և մեթոդական հիմքերը:** Ատենախոսության համար տեսական հիմք են ծառայել հայրենական և արտերկրյա ժամանակակից աշխատությունները: Հետազոտությունների համար տեղեկատվական հիմք են հանդիսացել հրատարակված պաշտոնական տեղեկատուները և տեղեկագրերը, պարբերականները, արտոնագրերը, ԳՕՍՏ-երը և այլն: Հետազոտությունների արդյունքում կիրառվել են գրաֆիկական, ռենտգենաֆագային և այլ վերլուծական մեթոդներ:

**Աշխատանքի արդյունքների հրապարակումները:** Ատենախոսության հիմնադրույթները և գործնական հանձնարարականները զեկուցվել և քննարկվել են միջազգային, հանրապետական, ինչպես նաև Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի 2018-2022թ.թ. տարեկան գիտաժողովներում: Ատենախոսության հիմնական արդյունքները հրապարակված են մեկ գյուտի արտոնագրում և 11 գիտական աշխատություններում, որոնցից երկուսն առանց համահեղինակների են:

**Ատենախոսության կառուցվածքը և ծավալը:** Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլխից, ընդհանուր եզրակացություններից, հավելվածից և 151 անուն օգտագործված գրականության ցանկից: Այն շարադրված է համակարգչային տպագիր 155 էջի վրա, պարունակում է 34 նկար և 32 աղյուսակ:

## **ԱՏԵՆԱՒՍՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ**

**Ներածությունում** հիմնավորված է ատենախոսության թեմայի արդիականությունը, շարադարված են նպատակն ու պաշտպանության ներկայացվող դրույթները, հետազոտության օբյեկտն ու առարկան, ինչպես նաև աշխատանքի կիրառական նշանակությունը:

**Առաջին գլուխը** նվիրված է ասբեստազերծ արգելակների կոմպոզիտային շփանյութերի կիրառմանն ավտոմոբիլային և երկաթուղային տրանսպորտի արգելակներում: Քննարկված են արգելակային շփանյութերի շփման և մաշման գործընթացի տեսական հիմունքները, ավտոմոբիլային և երկաթուղային տրանսպորտի արգելակների շփանյութերի շահագործման պայման-

ները և դրանց աշխատունակության չափանիշները: Եզրակա-ցությունում հիմնավորված են ատենախոսության հիմնական նպատակը և խնդիրները:

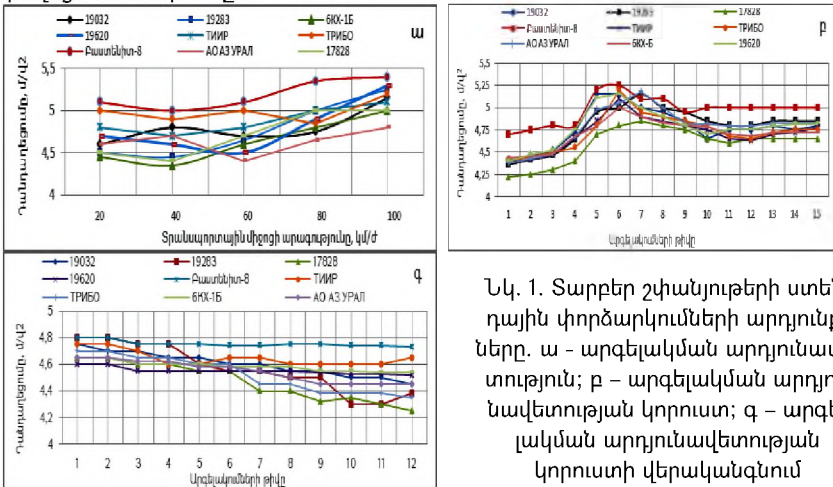
**Երկրորդ գլխում** կատարվել են արգելակային շփական ներդիրների և դրանց ելանյութերի ընտրություն և հիմնավորում: Մշակվել է միջազգային ստանդարտների պահանջներին համապատասխանող փորձագիտական հետազոտությունների ծրագիր և մեթոդակարգ՝ էլենելով ընտրված սարքավորումների վրա շփական գործընթացների ֆիզիկական մոդելավորման սկզբունքներից: Հետազոտման նպատակով որպես փորձարկման օբյեկտներ ընտրվել են «Ուրալ» մակնիշի մեքենաների և մետրոպոլիտենի վագոնների արգելակների շփական ներդիրները: Որպես փորձնական շփանյութեր ընտրվել են «Ուրալ» մակնիշի ավտոմեքենաների արգելակների համար ըստ ТУ 55571-3501105-10 նախատեսված Ռ-Դ-ում և Ուկրաինայում արտադրված շփանյութերը և մետրոպոլիտենի վագոնների արգելակների համար ըստ ТУ 2571-049-13173305-98 նախատեսված Ռ-Դ-ում արտադրված շփանյութերը: Հետազոտությունների ընթացքում ընտրված շփանյութերի մակերևութային շերտերի դինամիկական ձևափոխությունները, կառուցվածքային փոփոխությունները և ֆագային փոխակերպումներն ուսումնասիրվել են ռենտգենյան դիֆրակցիայի մեթոդներով Empyrean դիֆրակտաչափի կիրառմամբ:

**Երրորդ գլխում** հետազոտվել են պահանջվող ֆունկցիոնալ հատկություններով արգելակային ասբեստազերծ շփանյութերի շփման օրինաչափությունները, բացահայտվել են շփանյութերի մակերևութային շերտերի կառուցվածքային փոփոխությունները բարձրջերմաստիճանային շփման պայմաններում, հիմնավորվել է տեսակարար ջերմունակության գործակցի ընտրությունը որպես արգելակային ասբեստազերծ շփանյութերի ֆունկցիոնալ պարամետր:

Ընտրված շփանյութերի լաբորատոր փորձարկումների արդյունքում բացահայտվել են հետևյալ ընդհանուր օրինաչափությունները: Ջերմաստիճանի բարձրացման հետ կապված՝ նյութերի շփման միջին գործակիցը սկզբում մեծանում է և հասնում առավելագույն արժեքին 230...270°C ջերմաստիճաններում (5...7 արգելակում): Այնուհետև, մակերեսային ջերմաստիճանի բարձրացմանը զուգահեռ, շփման գործակիցը նվազում է մինչև նվազագույն արժեքը 300...360°C ջերմաստիճանների դեպքում (10...13 արգելակում): 360°C բարձր ջերմաստիճաններում նկատվում է շփման գործակցի արժեքների մեծացում: Բոլոր դեպքերում նյութերի շփման գործակցի կախվածությունը մակերեսային ջերմաստիճանից արտահայտվում է կորի միջոցով, որն ունի նվազման գոտի 220...360°C միջակայքում՝ համեմատաբար բարձր շփումից կտրուկ անցումով դեպի այն մակարդակը, որը գործնականում համապատասխանում է քայլողով շփմանը:

Հաստատված է, որ առկա է շփանյութերի շփագիտական բնութագրերի վրա ջերմային ռեժիմի ազդեցության երկու հիմնական ասպեկտ. ա – ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների փոփոխություն շփահպակի ցածր ջերմային բեռնման ժամանակ (շփման գործակցի մեծացման գոտի); բ – շփման բարձր ջերմային բեռնվածության դեպքում փոփոխություններ՝ մակերևութային շերտերի մեխանիքիմիական գործընթացների և կառուցվածքային վերափոխումների հետևանքով (շփման գործակցի նվազման և կրկնակի մեծացման գոտիներ՝ 250°C-ից բարձր ջերմաստիճանում):

Լաբորատոր փորձարկումների օրինաչափությունները ճշգրտվել են ստենդային փորձարկումներով (նկ. 1), որի ընթացքում ևս տարբերակվում է դանդաղեցման փոփոխության երեք տիրույթ: Շփանյութերի դանդաղեցման արժեքները շփահպակի ջերմաստիճանի բարձրացման պայմաններում աճում են և 220...260°C տիրույթում հասնում առավելագույնին (նկ. 1, բ): Ջերմաստիճանի հետագա բարձրացումը՝ մինչև 330...380°C, նպաստում է դանդաղեցման անկմանը:



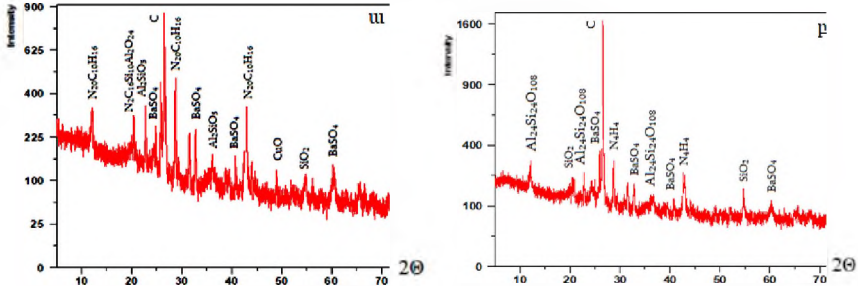
Նկ. 1. Տարբեր շփանյութերի ստենդային փորձարկումների արդյունքները. ա - արգելակման արդյունավետություն; բ - արգելակման արդյունավետության կորուստ; գ - արգելակման արդյունավետության կորուստի վերականգնում

Հաստատված է, որ մինչև 250...280°C ջերմաստիճանում ընտրված շփանյութերի էներգետիկ մաշման ուժգնության կախվածությունը մակերեսային ջերմաստիճանից ունի գծային բնույթ: Այս ջերմաստիճանից բարձր այն մեծանում է և բնութագրվում ոչ գծային կախվածությամբ, և երբ մակերեսային ջերմաստիճանը գերազանցում է 400°C, տեղի է ունենում նյութի մակերեսային շերտերի ուժգին մաշում և քայքայում: Երկակի նշանակությամբ «Ուրալ» մակնիշի ավտոմեքենաների և մետրոպոլիտենի վագոնների արգելակների ֆունկցիոնալ հատկություններով շփանյութերի ուսումնասիրությունների արդյունքում բացահայտված է, որ շփման մակերեսի ջերմաստիճանի աճը



ընդամասը կազմում է շփանյութի ջերմունակությամբ: Բարձր ջերմաստիճանային (280°C բարձր) պայմաններում աշխատող շփանյութերի դեպքում որքան մեծ է տեսակարար ջերմունակության գործակիցը (փոքր է ջերմաստիճանի աճը մեկ արգելակման ընթացքում), այնքան մաշակայուն է շփանյութը: Այս հանգամանքը կարևոր է պոլիմերային հիմքով կոմպոզիտային ասբեստազերծ արգելակային ջերմակայուն շփանյութերի բաղադրակազմերի մշակման դեպքում, քանի որ բարձր ջերմունակությամբ լցուկների օգտագործումը հնարավորություն կտա լավարկելու շփանյութերի շփագիտական հատկությունները:

Ընտված շփանյութերի մակերևութային շերտերի կառուցվածքային փոփոխությունների գնահատման նպատակով ռենտգենյան կառուցվածքային վերլուծության մեթոդով ուսումնասիրվել են շփանյութերի մակերեսները շփումից առաջ և հետո: Փորձերն իրականացվել են Panalytical Company (CuK $\alpha$ ) ռենտգենյան դիֆրակտաչափի վրա: Տվյալների հավաքագրումը, ստացված դիֆրակտագրերի վերլուծումը և փուլերի նույնականացումն իրականացվել են X PertHighScorePlus ծրագրակազմի միջոցով, որն ապահովում է փուլային վերլուծություն, ներառյալ արդյունքների չափումը, մշակումը և ստացումը: Նկ. 2-ում ներկայացված են մետրոպոլիտենի վազոնների արգելակներում օգտագործվող Ռ-Դ Սանկտ-Պետերբուրգի ԱՏԻ ձեռնարկությունում արտադրված շփանյութի դիֆրակտաչափային գրաֆիկները:

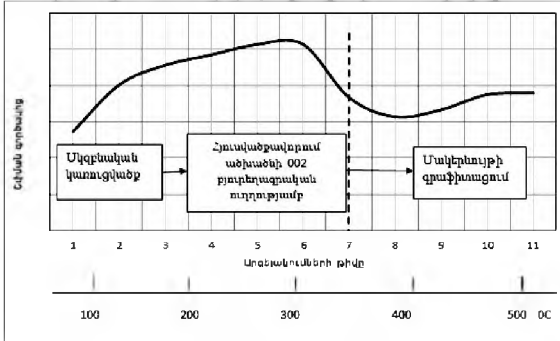


Նկ. 2. Սանկտ-Պետերբուրգի ԱՏԻ ձեռնարկությունում արտադրված շփանյութի շփման մակերեսների դիֆրակտաչափային գրաֆիկները՝ ա) մինչև 7 արգելակում, բ) 10-ից բարձր արգելակումներից հետո

Շփման մակերեսների դիֆրակտագրերի համեմատությունը, մինչև 7 արգելակումները և 10-ից բարձր արգելակումներից հետո, ցույց է տալիս, որ դրանց միջև կան որոշ տարբերություններ: Հայտնվում են նոր փուլեր: Մինչև 7 արգելակման ենթարկված նմուշների շփման մակերեսների դիֆրակտագրի վրա նկատվել են ածխածնի դիֆրակցիոն ռեֆլեքսի 002 բյուրեղագրական ուղղության հյուսվածքավորում, BaSO $_4$ , SiO $_2$  դիֆրակցիոն ռեֆլեքսներ: Նմուշների դիֆրակտագրի վրա առկա են նաև երկմինազուանիդինի 4,5-դիցհան-1, 2,3-տրիազոլի (N $_{20}$ C $_{10}$ H $_{16}$ ) ռեֆլեքսներ՝ ֆենոլֆորմալդեհիդային խեժերի փոխ-

ազդեցության արդյունք բութադիեն նիտրիլային կաուչուկի և հետագա վուկա-նացման հետ: Նկատվում են նաև  $Al_2SiO_5$  և Tsaregorodtsevitite ( $N_2C_{16}Si_{10}Al_2O_{24}$ ,  $N(CH_3)_4Si_4(SiAl)O_{12}$ ) դիֆրակցիոն ռեֆլեքսները: Սանկտ-Պետերբուրգի ԱՏԻ արտադրած շփանյութի նմուշների 10-ից բարձր արգելակումներից հետո շփման մակերեսների դիֆրակտագրերի վրա նկատվել է ածխածնի կազմության աճ 002 բյուրեղագրական ուղղության երկայնքով, գրաֆիտացում՝  $BaSO_4$ ,  $SiO_2$  դիֆրակցիոն ռեֆլեքսների ինտենսիվության որոշակի անկմամբ և շփման արդյունքում նոր ռեֆլեքսների ի հայտ գալով՝ ամոնիումի ազիդ ( $N_4H_4$ ), ինչպես նաև բարդ այլոմասիլիկատներ ( $Al_{24}Si_{24}O_{108}$ ):

Մակերևույթի պլաստիկ դեֆորմացիայի արդյունքում բարձրջերմաստիճանային շփման գործընթացում տեղի է ունենում մակերևույթի գրաֆիտացում, ռեֆլեքսների դիֆրակցիոն գծերի ինտենսիվության որոշակի նվազում, նորերի առաջացում, ինչը ցույց է տալիս կոմպոզիտի մեջ բաղադրիչների քանակի փոփոխությունը: Ստացված արդյունքները հնարավորություն են տալիս կառուցվածքային փոփոխությունների կապն արգելակումների քանակի և ջերմաստիճանի հետ ներկայացնել նկ. 3-ում բերված տեսքով:



Նկ. 3.  
Կառուցվածքային փոփոխությունների կապը շփման ջերմաստիճանի և արգելակումների թվի հետ

Ֆունկցիոնալ հատկություններով արգելակային շփանյութերի մակերևույթային շերտերի կառուցվածքային փոփոխությունները բարձրջերմաստիճանային շփման ռեժիմում պայմանավորված են նրանով, որ նախքան բան-վորական մակերևույթային շերտերի քայքայումը տեղի են ունենում մակերևույթային շերտերի հյուսվածքավորում և գրաֆիտացում: Այդ փոփոխությունները հանդես են գալիս որպես շփումն ուղեկցող մշտական գործոններ և իրենց ազդեցությունն են ունենում մակերևույթային բանվորական շերտի ձևավորման վրա:

Իրականացված փորձագիտական հետազոտությունները հաստատում են, որ այն շփանյութերը, որոնք ունեն բարձր ջերմունակություն (տեսակարար ջերմունակության գործակից) ապահովում են հաստատուն շփագիտական բնութագրեր բարձրջերմաստիճանային շփման պայմաններում: Բարձր ջերմունակությամբ շփանյութերի շփման ընթացքում ավելի շատ ջերմության քանա-

կություն է կլանում շփանյութը: Դա հանգեցնում է նրան, որ սահմանափակվում է ջերմության տարածումը դեպի շրջակա միջավայր, ինչը պաշտպանում է արգելակային հանգույցի մեքենամասերն ու արգելակային սկավառակը լրացուցիչ տաքացումից: Արդյունքում ստեղծվում են համեմատաբար ցածր շփման ջերմաստիճանային պայմաններ, ինչի հետևանքով մեծանում են արգելակային շփագույցի աշխատունակությունը և երկարակեցությունը:

Ջերմունակության և շփագիտական բնութագրերի միջև որակական և քանակական կապերի հաստատումը հանդիսանում է ժամանակակից շփագիտության արդիական խնդիրներից մեկը: Մասնավորապես, կարևոր է տեսակարար ջերմունակության գործակցի հաշվառումը շփանյութերի շփման ջերմային դինամիկայի հետազոտման գործընթացում և նոր ստեղծվող շփանյութերի կապակցող նյութերի ու լցանյութերի ընտրության հարցերում:

Տեսակարար ջերմունակության գործակիցը որպես արգելակային ասբեստազերծ շփանյութերի ֆունկցիոնալ պարամետր ընտրելու և բարձր ջերմունակությամբ նախագծվող շփանյութի համար հաշվարկելու նպատակով ուսումնասիրվել են ֆունկցիոնալ հատկություններով արգելակային շփական կոմպոզիտների դասական պայմանականորեն ընդհանրացված կազմությունները: Հաշվարկային բավարար ճշգրտությամբ բազմաբաղադրիչ կոմպոզիտային նյութերի տեսակարար ջերմունակության գործակիցները հաշվարկվում են հետևյալ բանաձևով.

$$C = \sum_{i=1}^n C_i P_i,$$

որտեղ՝  $C_i$ -ն և  $P_i$ -ն  $i$  համարով բաղադրիչի տեսակարար ջերմունակությունն ու ծավալային պարունակությունն են,  $n$ -ը՝ կոմպոզիտի մեջ բաղադրիչների ընդհանուր թիվը:

Հիմնվելով վերը նշված բանաձևի վրա, դիտարկվել են 6 տարբեր բաղադրակազմեր՝ բաղադրիչների նվազագույն, միջին և առավելագույն տոկոսներով: Ֆունկցիոնալ հատկություններով կոմպոզիտային շփական նյութերի տեսակարար ջերմունակության գործակցի ավտոմատ հաշվարկան համար, կախված կոմպոնենտների ծավալային պարունակությունից, կազմվել են Windows ծրագրային միջավայրում հասանելիությամբ winforms- եղանակով բլոկ-սխեմա և ծրագիր, որի նպատակն է ավտոմատ կերպով ստանալ  $\sum C_i P_i$  արժեքները: Ծրագիրը հնարավորություն է տվել, մուտքագրելով տեսակարար ջերմունակության գործակիցների  $C_i$  արժեքները, հաշվարկել նվազագույն կամ առավելագույն  $\sum C_i P_i$  գումարային արժեքները և ըստ գումարային արժեքի՝ ստանալ բաղադրիչների  $P_i$  տոկոսային հարաբերությունները՝ կոմպոզիտի առավելագույն կամ նվազագույն տեսակարար ջերմունակության գործակից ստանալու համար:

Մշակված ծրագրի համաձայն՝ հաշվարկվել են ընտրված շփանյութերի տեսակարար ջերմունակության գործակիցները, և ստուգվել է այն վարկածը,

որ բարձր տեսակարար ջերմունակության գործակից ունեցող շփանյութերը պետք է ապահովեն բարձր աշխատունակություն: Համաձայն մշակած մեթոդակարգի՝ փորձարարական հետազոտության են ենթարկվել WVA:19032, WVA:19283, WVA:17828, WVA:19620, 6KX-1B, TИИP-457, АO A3 YPAЛ մակնիշների շփանյութերը, որոնք հավաստագրվել են միջազգային ստանդարտների պահանջներով, և Բաստենիտ-8 շփանյութը, որը ստեղծվել է ՀԱՊՀ-ում: Փորձարարական հետազոտությունների ընթացքում ամբողջ ջերմաստիճանային տիրույթում Բաստենիտ-8 մակնիշի շփանյութը ցուցաբերում է բարձր բնութագրեր, և շփման գործակցի արժեքների ցրման դաշտը չի գերազանցում 5%, ինչը բավարարում է միջազգային ստանդարտի պահանջները:

Իրականացվել են նաև փորձարկումներ շփագույցի իզոջերմային պայմաններում՝ ըստ ГОСТ Р ИСО 7881-94-ի պահանջների, մեկ արգելակման ընթացքում փորձարկման ենթարկված շփանյութերի մակերևութային ջերմաստիճանի աճը գնահատելու և այն շփանյութի տեսակարար ջերմունակության գործակցի հետ համեմատելու համար: Ստացված տվյալների վերլուծությունը ցույց է տալիս նաև, որ ջերմաստիճանի աճի ամենափոքր արժեք ունի Բաստենիտ-8 շփանյութը, իսկ ամենամեծ արժեքը՝ 6KX-1B շփանյութը: 330°C բարձր ջերմաստիճանի պայմաններում աշխատող շփանյութերի դեպքում, որքան մեծ է տեսակարար ջերմունակության գործակիցը (փոքր է ջերմաստիճանի աճը), այնքան մաշակայուն է շփանյութը:

Ստացված արդյունքները հաստատում են, որ շփանյութերի համար տեսակարար ջերմունակությունը հանդիսանում է ֆունկցիոնալ պարամետր: Այն լուրջ աղդեցություն է գործում դրանց աշխատանքային չափանիշների վրա, և հաստատվում է այն վարկածը, որ բարձր ջերմունակության գործակից ունեցող նյութերը ցուցաբերում են կայուն շփագիտական բնութագրեր:

**Չորրորդ գլուխը** նվիրված է բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ պահանջվող ֆունկցիոնալ հատկություններով ասբեստազերծ շփանյութերի և դրանց ստացման տեխնոլոգիայի մշակմանն ու տեխնիկատնտեսական հիմնավորմանը: Նպատակ ունենալով պահանջվող ֆունկցիոնալ հատկություններով ասբեստազերծ շփանյութերի բաղադրակազմերում կիրառելու ՀՀ հանքարդյունաբերության և մետալուրգիական արդյունաբերության թափոնները, ընտրվել և փորձագիտական հետազոտության է ենթարկվել ՀՀ Ալավերդու պղնձածուլական արտադրության խարամներում պարունակվող և բարձր ջերմունակության գործակից (628 Ջ/կգ) ունեցող ֆայալիտը: Նոր շփանյութերի ստեղծման նպատակով ՀԱՊՀ-ում մշակված Բաստենիտ-8 (ՀՀ Գյուտի արտոնագիր N 2909A, 2015 թ) շփանյութի բաղադրակազմը ընդունվել է որպես բազային բաղադրակազմ:

Կատարված հետազոտությունների հիման վրա մշակվել և առաջադրվել է ասբեստազերծ, պահանջվող ֆունկցիոնալ հատկություններով արգելակային

ջերմակայուն «Բաստենիտ-10» անվամբ կոմպոզիտային նոր շփանյութ: Առաջարկվող Բաստենիտ-10 շփանյութը՝ որպես գիտական նորույթ, ամրագրվել է ՀՀ գյուտի 2022թ. N 752Y արտոնագրով: Շնորհիվ բաղադրակազմում ֆայալիտի կիրառման, ըստ Windows ծրագրային միջավայրում հասանելիությամբ մշակած ծրագրի հաշվարկների, առաջարկվող շփանյութի տեսակարար ջերմունակության գործակիցը կազմում է 1,07 կՋ /կգ °C:

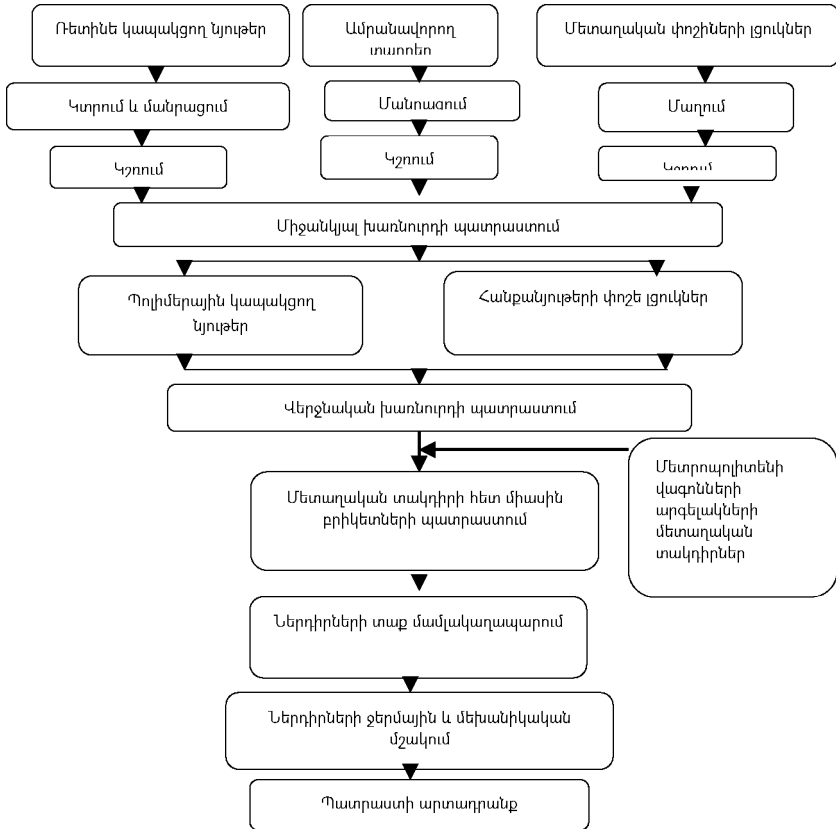
Բաստենիտ-10 շփանյութի առավելություններից մեկն այն է, որ անհրաժեշտություն չի առաջանում՝ մշակելու գոյություն ունեցող տեխնոլոգիաներից տարբերվող տեխնոլոգիական գործընթաց նրա պատրաստման համար: Փոփոխման են ենթարկվում միայն պատրաստման ընթացակարգը և տեխնոլոգիական ռեժիմները: Բաստենիտ-10 շփանյութից երկակի նշանակությամբ «Ուրալ» մակնիշի ավտոմեքենաների և մետրոպոլիտենի վագոնների արգելակային ներդիրների պատրաստման տեխնոլոգիական սխեման բերված է նկ. 4-ում:

ՀԱՊՀ Վանաձորի մասնաճյուղի «Շփագիտություն» բազային գիտահետազոտական լաբորատորիայում պատրաստվել են Բաստենիտ-10 շփանյութից շփական ներդիրներ՝ երկակի նշանակությամբ «Ուրալ» մակնիշի մեքենաների և մետրոպոլիտենի վագոնների արգելակների համար և ենթարկվել լաբորատոր և ստենդային փորձարկումների: Շփամաշվածքային բնութագրերվ Բաստենիտ-10 շփանյութը, ըստ ГОСТ Р ИСО 7881-94-ի, լաբորատոր փորձարկումների արդյունքում ցուցաբերում է բարձր աշխատունակություն և բավարարում է մետրոպոլիտենի վագոնների արգելակային ներդիրների առանդարտների պահանջները: Առաջարկվում է այն ներկայացնել ստենդային փորձարկումների ԱՊՀ երկրների երկաթուղային շարժակազմի վագոնների արգելակային ներդիրների հավաստագրման լաբորատորիայում (ՌԴ, Մոսկվա, ВНИИЖТ, ստենդային փորձարկումներ՝ ըստ ТМ № 02-001-91 ВНИИЖТ մեթոդիկայի):

Երկակի նշանակությամբ «Ուրալ» մակնիշի ավտոմեքենաների արգելակներում կիրառելու նպատակով կատարվել են Բաստենիտ-10 շփանյութի փորձարկումներ՝ ըստ SAE J-661 միջազգային ստանդարտի պահանջների: Արդյունքում ցույց է տրված, որ Բաստենիտ-10 շփանյութի շփման գործակիցը գրեթե մնում է հաստատուն առաջին և երկրորդ արգելակման արդյունավետության որոշման ընթացքում և կազմում է 0,4, ինչը բավարարում է շփանյութերին ներկայացվող պահանջները: Տաքացման ցիկլերի ժամանակ չի նկատվում շփման գործակցի նվազում: Ընդհակառակը, շփման գործակիցը մեծանում է, և 360°C մինչև 530°C ջերմաստիճանային տիրույթում կազմում է 0,5...0,55, բավարարելով միջազգային ստանդարտի պահանջները:

Բաստենիտ-10 շփանյութի շփման գործակիցը բարձր է մնում նաև առաջին և երկրորդ արգելակման արդյունավետության կորուստի վերա-

կանգնման փորձարկումների ընթացքում: Փորձերի արդյունքների համալիր վերլուծությունը հաստատում է, որ Բաստենիտ-10 շփանյութն ունի բարձր շփամաշվածքային բնութագրեր և բավարարում է SAE J-661 ստանդարտի պահանջները:



Նկ. 4. Բաստենիտ-10 շփանյութից երկակի նշանակությամբ «Ռի-րալ» մակնիշի ավտոմեքենաների և մետրոպոլիտենի վագոնների արգելակային ներդիրների պատրաստման տեխնոլոգիական սխեման

Ֆայալիտի օգտագործումն արգելակային շփանյութերում ապահովում է նոր տեխնիկական արդյունավետություն: Բարձր ջերմաստիճաններում վերամիկրոլիտի, մարմարի փոշու և ֆայալիտի խառնուրդը խոչընդոտում է օրգանական կապակցող նյութերի քայքայմանը: Շնորհիվ իրենց անմիջական կոնտակտման արգելակային սկավառակի մակերևույթի հետ, այդ նյութերը հանդես են գալիս որպես ջերմության կլանիչներ և պաշտպանում են արգե-

լակային շփական ներդրի շփման մակերևույթն ուժգին մաշումից: Այդ նյութերի անմիջական կոնտակտման հետևանքով ստեղծվում են նաև պայմաններ՝ բարձր և կայուն շփման գործակից ապահովելու համար:

Շփահպակում, որտեղ տեղային ջերմաստիճանը կազմում է գրեթե 1000°C, վերմիկուլիտի, ֆայալիտի և մարմարի փոշու առկայությունն արգելակում են նաև օրգանական կապակցող նյութերի այրումն ու տրոհումը, ինչպես նաև մոնոմերների առաջացումը: Դա կատարվում է այդ նյութերի ադիեզիոն հատկությունների և չայրվելու շնորհիվ: Արդյունքում մեծանում են միջմոլեկուլային փոխազդեցությունները, և բարձրանում են շփման գործակիցների արժեքները: Բաստենիտ 10 շփանյութի ներդրումը երկակի նշանակությամբ «Ուրալ» մակնիշի մեքենաների արգելակների կոճղակներում, տարեկան 20000 հատ արտադրության պայմաններում, ապահովում է տնտեսական արդյունավետություն 3183840 դրամի (792000 ռուբ) չափով, իսկ մետրոպոլիտենի վագոնների արգելակների կոճղակներում, տարեկան 5000 հատ արտադրության պայմաններում, ապահովում է տնտեսական արդյունավետություն 2617020 դրամի (651000 ռուբ) չափով:

### **ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐ ԵՎ ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ**

1. Տեխնիկական առաջընթացի պայմաններում ֆունկցիոնալ հատկություններով համակցված պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ արգելակային ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի ստեղծումը ժամանակակից շփանյութագիտության կարևոր գիտատեխնիկական նշանակություն ունեցող և արդիական հիմնխնդիրներից մեկն է: Մշակված և առաջարկված են պահանջվող ֆունկցիոնալ հատկություններով և համակցված բարդ պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ արգելակային շփական ներդիրների արտադրության տեխնոլոգիաները ռետինախառնիչներում չոր եղանակով բաղադրիչների խառնման, առանց լուծիչների կիրառման, շփական ներդիրների միափուլ և երկփուլ արտադրության տեխնոլոգիաները:

2. Արգելակային շփազույգի աշխատունակության վրա ազդող գործոններից ամենակարևորը ջերմաստիճանային գործոնն է: Շփման ընթացքում ջերմաստիճանի բարձրացումը հանգեցնում է շփանյութերի հատկությունների փոփոխությանը. փոքրանում է շփման գործակիցը, մեծանում է մաշման ուժգնությունը, և արդյունքում՝ արգելակային շփազույգը կորցնում է աշխատունակությունը: Ջերմաստիճանային գործոնի վրա կարելի է ազդել՝ փոխելով շփանյութերի ջերմունակության գործակիցը, որն էլ հնարավորություն կտա՝ մեծացնելու շփանյութերի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները և բարձրացնելու դրանց աշխատունակությունը:

3. Հաստատված է, որ երկակի նշանակությամբ «Ուրալ» մակնիշի ավտոմեքենաների և մետրոպոլիտենի վագոնների արգելակների ֆունկցիոնալ հատկություններով շփանյութերի շփման գործակցի կախվածությունը մակերե-

սային ջերմաստիճանից բաղկացած է երեք հիմնական գոտիներից՝ շփման գործակցի բարձրացում (մինչև 250...280 °C), դրա նվազում (330...400 °C) և կրկնակի բարձրացում (400°C բարձր); մաշվածության ինտենսիվությունը բնութագրվում է գծային կախվածությամբ մինչև 250...280°C (շփման գործակցի փոփոխության առաջին գոտին), իսկ այդ ջերմաստիճանից բարձր մաշվածության ինտենսիվությունը մեծանում է և բնութագրվում ոչ գծային կախվածությամբ:

4. Բացահայտվել են պոլիմերային հիմքով ֆունկցիոնալ հատկություններով շփանյութերի մակերևութային շերտերում տեղի ունեցող հիմնական մեխանաքիմիական փոխակերպումների դինամիկան և օրինաչափությունները: Պահանջվող ֆունկցիոնալ հատկություններով ասբեստագերծ արգելակային կոմպոզիտային շփանյութերի շփման օրինաչափությունների լաբորատոր և ստենդային փորձագիտական հետազատությունները հաստատում են, որ համեմատաբար ցածր ջերմաստիճաններում (մինչև 220°C), շփանյութերը ցուցաբերում են շփման գործակիցների և դանդաղեցման տարբեր արժեքներ, ինչը բացատրվում է բաղադրակազմերում առկա բազմաբնույթ լցուկների և դրանց ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների տարբերությամբ: Զերմային ռեժիմի աճի հետևանքով շփման գործակցի արժեքի նվազումը և կապակցող նյութերի տրոհումը հաստատում են մեխանաքիմիական փոխակերպումների և մաշման մեխանիզմի փոփոխության առկա-յությունը:

5. Հաստատված է երկակի նշանակությամբ «Ուրալ» մակնիշի ավտոմեքենաների և մետրոպոլիտենի վագոնների արգելակների ֆունկցիոնալ հատկություններով շփանյութերի շփագիտական բնութագրերի վրա ջերմային ռեժիմի ազդեցության երկու հիմնական ասպեկտները՝ ա – ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների փոփոխություն շփահպակի ցածր ջերմային բեռնման ժամանակ (շփման գործակցի մեծացման գոտի); բ - շփման բարձր ջերմային բեռնվածության դեպքում փոփոխություններ՝ մակերևութային շերտերի մեխանաքիմիական գործընթացների և կառուցվածքային վերափոխումների հետևանքով (շփման գործակցի նվազման և կրկնակի մեծացման գոտիներ):

6. Դիֆրակտաչափային հետազոտությունների արդյունքում բացահայտվել է, որ շփման ընթացքում նկատելի են 002 բյուրեղագրական ուղղության երկայնքով զգալի կողմնորոշում և մակերեսի կառուցվածքային փոփոխություններ. մակերեսի գրաֆիտացում, շփումից հետո նմուշների դիֆրակցիոն ռեֆլեքսների ուժգնության որոշակի նվազում, ինչպես նաև նոր դիֆրակցիոն ռեֆլեքսների առաջացում: Ֆունկցիոնալ հատկություններով շփանյութերի բարձր ջերմաստիճանների (300...360°C բարձր) շփման պայմաններում մակերևութային շերտերի գրաֆիտացումը տեղի է ունենում ուժգին մաշման ռեժիմում՝ մինչև մակերևույթի բանվորական շերտի քայքայումը և մաշման հատիկների առաջացումը: Դրանք շփումն ուղեկցող մշտական գործոններ են



և փոխում են ֆունկցիոնալ հատկություններով շփանյութերի մակերևութային շերտերի շփագիտական բնութագրերը:

7. Հաստատված է, որ տեսակարար ջերմունակությունը հանդիսանում է ֆունկցիոնալ պարամետր արգելակային շփանյութերի համար: Այն լուրջ ազդեցություն է գործում դրանց աշխատունակության վրա, և ապացուցված է, որ բարձր ջերմունակության գործակից ունեցող ֆունկցիոնալ հատկություններով շփանյութերը ցուցաբերում են կայուն շփագիտական բնութագրեր:

8. Առաջին անգամ մշակվել են << հանքարդյունաբերության և մետալուրգիական արդյունաբերության թափոններից ստացված թելքերի ու փոշիների կիրառմամբ բարձրջերմաստիճանային կարճատև-կրկնվող ռեժիմի պայմաններում աշխատունակ ու պահանջվող ֆունկցիոնալ հատկություններով արգելակային ասբեստազերծ կոմպոզիտային շփանյութերի ստեղծման սկզբունքները:

9. Որպես ֆունկցիոնալ պարամետր ընտրելով ջերմունակության գործակիցը, առաջին անգամ բացահայտվել են ֆունկցիոնալ հատկություններով արգելակային շփանյութերի մակերևութային շերտերի կառուցվածքային փոխակերպումները բարձր ջերմաստիճանային շփման պայմաններում, և կատարվել է կառուցվածքագոյացման մեխանիզմի մոդելավորում:

10. Առաջին անգամ մշակվել է Windows ծրագրային միջավայրում հասանելիությամբ, winforms եղանակով ծրագրի ներմուծման և արտաձման դաշտերի պատկերմամբ, ֆունկցիոնալ հատկություններով կոմպոզիտային շփանյութերի տեսակարար ջերմունակության գործակիցների ավտոմատ հաշվարկման ծրագիր՝ կախված բաղադրիչների ծավալային պարունակությունից: Ծրագիրը հնարավորություն է տալիս, համակարգչային եղանակով մուտքագրելով բաղադրիչների տեսակարար ջերմունակության գործակիցների արժեքները, հաշվարկել շփանյութերի նվազագույն կամ առավելագույն տեսակարար ջերմունակության գործակիցները և ընտրել բաղադրիչների տոկոսային հարաբերությունները տարբեր տեսակարար ջերմունակության գործակիցներով շփանյութեր մշակելու համար:

11. Առաջին անգամ բացահայտվել են Ալավերդու պղնձածուլական արտադրության խարամներում պարունակվող ֆայալիտի ( $Fe_2SiO_4$ ) ջերմաֆիզիկական և էնդոգեն հատկությունները և նրա՝ որպես ֆունկցիոնալ հատկությունների կարգավորիչի օգտագործումը արգելակային շփանյութերի բաղադրակազմերում: Ուսումնասիրվել է կառուցվածքագոյացման մեխանիզմը, համաձայն որի՝ բարձր ջերմունակության գործակցով օժտված ֆայալիտը ցուցաբերում է էնդոգեն հատկություններ, կլանում է անջատված ջերմությունը՝ բարձրացնելով կոմպոզիտի շփական հատկությունները:

12. Առաջին անգամ մշակվել են արգելակային բազմաբաղադրիչ նոր՝ Բաստենիտ-10 անվամբ պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ արգելակային

ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութը՝ ֆայալիտի կիրառմամբ (ՀՀ Գյուտի արտոնագիր N 752Y, 2022 թ), և նրա ստացման տեխնոլոգիան՝ արգելակային շփանյութերում կիրառվող կապակցանյութերի, ցուլների և ֆունկցիոնալ հատկությունների կարգավորիչների ուսումնասիրման հիման վրա: Յույց է տրվել, որ Բաստենիտ-10 արգելակային կոմպոզիտային շփանյութն իր շփական հատկություններով ցուցաբերում է արգելակային ավելի բարձր ու կայուն արդյունավետություն և իր բնութագրերով բավարարում է Եվրոպական տնտեսական խորհրդի թիվ 13 ստանդարտի պահանջները:

13. Արգելակային կոմպոզիտային շփանյութերի ֆունկցիոնալ հատկությունների կարգավորման սկզբունքներից ելնելով՝ մշակվել են Բաստենիտ-10 անվամբ պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ արգելակային ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութի արդյունաբերական բաղադրակազմերը և տեխնոլոգիան՝ երկակի նշանակությամբ «Ուրալ» մակնիշի ավտոմեքենաների և մետրոպոլիտենի վագոնների արգելակների շփական ներդիրների պատրաստման համար:

14. Հիմնավորվել են Բաստենիտ-10 տիպի շփանյութի կիրառման ոլորտները և պատրաստման տեխնոլոգիական սկզբունքները: Առաջարկվող Բաստենիտ-10 շփանյութի ներդրումը երկակի նշանակությամբ «Ուրալ» մակնիշի մեքենաների արգելակների կոճղակներում տարեկան 20000 հատ և մետրոպոլիտենի վագոնների արգելակների կոճղակներում տարեկան 5000 հատ արտադրության պայմաններում կապահովի տնտեսական արդյունավետություն մոտավորապես 5800860 դրամի (1 443 000 ռուբ) չափով:

**Ատենախոսության հիմնական դրույթները հրատարակված են հետևյալ աշխատանքներում՝**

1. ՀՀ Գյուտի արտոնագիր N 752Y. Շփական բաղադրանյութ / **Ն.Գ. Մելիքսեթյան, Ա.Գ. Աղբալյան, Գ.Ն.Մելիքսեթյան, Գ.Հ. Ասյան, Տ.Շ. Թադևոսյան** // Արդյունաբերական սեփականություն աշտ. Տեղ. N, 07/2.- Երևան, 2022, <https://aipo.am/public/uploads/files/file-Xn0qUROfjC.pdf>
2. **Մելիքսեթյան Ն.Գ., Աղբալյան Ա.Գ., Մելիքսեթյան Գ.Ն., Ասյան Գ.Հ.** Բարելավված բաղադրակազմով «Բաստենիտ» տիպի շփանյութ թմբուկավոր արգելակների համար // ՀՀ ԳԱԱ և ՀԱՊՀ Տեղեկագիր. Տեխ. գիտ. սերիա.- 2020.- Հ. LXXIII, N3.- էջ 243-252:
3. **Աղբալյան Ա.Գ., Մելիքսեթյան Ն.Գ., Եզակյան Հ.Հ., Ասյան Գ.Հ.** Պղնձածուրկական արտադրության խարամների մանրացման և մեխանաքիմիական ակտիվացման գործընթացների հետազոտումը // Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական կամալսարանի Լրաբեր. Գիտական հոդվածների ժողովածու.- Մաս 2.- Երևան, 2020.- էջ 432-442:
4. **Մելիքսեթյան Գ.Ն., Ասյան Գ.Հ., Աղբալյան Ա.Ա., Եզակյան Հ.Հ.** Ֆունկցիոնալ հատկություններով արգելակային շփանյութերի աշխատ-

- ունակության համեմատական վերլուծություն // ՀՀ ԳԱԱ և ՀԱՊՀ Տեղեկագիր. Տեխ. գիտ. սերիա.-2022.-Հ. LXXV, N3.-էջ 355-363:
5. **Меликсетян Н.Г., Асчян Г.О.** Перспективы создания новых фрикционных материалов тормозов вагонов метрополитена // Вестник НПУА: Металлургия, материаловедение, недропользование.- Ереван, 2020.- №2.- С.59-67, <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45728193>
  6. **Меликсетян Н.Г., Асчян Г.О., Тадевосян Т.Ш., Меликсетян Г.Н.** Исследование работоспособности фрикционных накладок тормозов транспортных средств при эксплуатации в экстремальных условиях // Материалы Всероссийской научно-практической конференции "Наука-Общество-Технологии-2021".- Москва, Россия, 2021.- С. 172-176, <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46190248>
  7. **Меликсетян Н.Г., Асчян Г.О., Тадевосян Т.Ш.** Исследование трибологических свойств фрикционных накладок тормозных колодок вагонов метрополитена // Вестник НПУА: Металлургия, материаловедение, недропользование.- Ереван, 2021.- № 2.- С. 44-51.
  8. **Меликсетян Н.Г., Асчян Г.О.** Влияние фаялита на трибологические свойства фрикционных безасбестовых полимерных материалов // Сборник трудов Межд. науч.-техн. конф. "Полимерные композиты и трибология" (Поликомтриб-2022).- Гомель, Беларусь, 2022.-С.146, <https://mpri.org.by/wp-content/uploads/2021/12/PolyComTrib2022-pres.pdf>
  9. **АСЧЯН Г.О.** Новый фрикционный материал для тормозов со средней тепловой нагрузкой // Вестник НПУА: Металлургия, материаловедение, недропользование.-Ереван, 2022.-№ 2.- С. 42-50.
  10. **АСЧЯН Г.О.** Некоторые вопросы трибологии фрикционных материалов с функциональными свойствами // Интернаука № 47(270).- М., 2022.- Часть 3.-С. 50-56, <https://internauka.org/journal/science/internauka/270>
  11. **Меликсетян Н.Г., Асчян Г.О., Тадевосян Т.Ш.** Теплоемкость как функциональный параметр тормозных фрикционных композиционных материалов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции "Наука Общество – Технологии – 2023".- Москва, 2023.- С. 253-259.
  12. **Меликсетян Н. Г., Аракелова Э. Р., Асчян Г.О., Григорян С.Л.** Структурные изменения поверхностных слоев фрикционных материалов при высокотемпературном трении // Вестник НПУА: Металлургия, материаловедение, недропользование.- Ереван, 2023.- № 1.- С. 48-58. DOI: 10.5329/18293395-2023.

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЗАСБЕСТОВЫХ ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК С ТРЕБУЕМЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ**

### **Р Е З Ю М Е**

Цель работы – разработка технологии получения безасбестовых тормозных колодок с необходимыми функциональными свойствами с использованием отходов горнодобывающей и металлургической промышленности РА и исследование процесса структурообразования в поверхностных слоях тормозных фрикционных материалов. Исследован широкий спектр тормозных колодок производства РФ и Украины, предназначенных для тормозных узлов автомобилей двойного назначения «Урал» и вагонов метрополитена.

Разработаны принципы создания безасбестовых композиционных фрикционных материалов с необходимыми функциональными свойствами с использованием волокон и порошков, полученных из отходов горнодобывающей и металлургической промышленности РА, которые способны работать в условиях высокотемпературного режима кратковременного и многократного торможения.

Впервые выявлены теплофизические и эндогенные свойства фаялита ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ), входящего в состав шлаков Алавердского медеплавильного производства и используемого в качестве регулятора функциональных свойств в составе фрикционных накладок.

Путем выбора коэффициента удельной теплоемкости в качестве функционального параметра впервые выявлены структурные превращения поверхностных слоев тормозных фрикционных материалов с функциональными свойствами в условиях высокотемпературного трения и смоделирован механизм структурообразования.

Разработана программа автоматического расчета коэффициента удельной теплоемкости композиционных материалов с функциональными свойствами в зависимости от объемного содержания компонентов с доступом к программной среде Windows, отображающая поля импорта и экспорта программы методом Winforms. Программа позволяет рассчитывать минимальные или максимальные коэффициенты удельной теплоемкости фрикционных материалов и подобрать процентные соотношения компонентов для разработки фрикционных материалов с разными коэффициентами удельной теплоемкости.

Впервые выявлены теплофизические и эндогенные свойства фаялита ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ), содержащегося в шлаках Алавердского медеплавильного производства и используемого в качестве регулятора функциональных свойств в составе тормозных фрикционных материалов. Изучен механизм структурообразования, согласно которому фаялит с высоким коэффициентом теплоемкости проявляет эндогенные

свойства, поглощает выделяющееся тепло, повышая фрикционные свойства композита.

Впервые разработаны экологически безвредный эффективный термостойкий тормозной композиционный материал на полимерной основе Бастенит-10 с применением фаялита (Патент РА, № 752У, 2022 г.) и технология его производства на основе изучения применяемых в тормозных фрикционных материалах связующих, наполнителей и регуляторов функциональных свойств. Показано, что тормозной композиционный материал Бастенит-10 обладает высокими и стабильными тормозными свойствами и по своим фрикционным характеристикам соответствует требованиям стандарта № 13 Европейского экономического совета.

На основе изучения трибологических характеристик связующих, наполнителей и регуляторов функциональных свойств разработан новый, многокомпонентный, безасбестовый, термостойкий тормозной композиционный материал «Бастенит-10» (патент РА № 752У, 2022 г) и предложена технология его производства.

Основные положения диссертации опубликованы в 12 научных работах, одна из которых является патентом РА. Количество работ без соавторов – 2.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING ASBESTOS-FREE BRAKE  
PADS WITH REQUIRED FUNCTIONAL PROPERTIES

SUMMARY

The purpose of the work is to develop a technology for obtaining asbestos-free brake pads with the required functional properties using waste from the mining and metallurgical industry of the Republic of Armenia and to study the process of structure formation in the surface layers of brake friction materials. A study is focused on the wide range of brake pads manufactured in the Russian Federation and Ukraine, intended for brake units of dual-purpose vehicles "Ural" and subway wagons.

The principles of creating asbestos-free composite friction materials have been developed with the necessary functional properties using fibers and powders obtained from the waste of the mining and metallurgical industry of the Republic of Armenia, which are capable of operating under high-temperature conditions of short-term and repeated braking.

For the first time have been revealed the thermophysical and endogenous properties of fayalite ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ), which is part of the slags of the Alaverdi copper smelter and is used as a regulator of functional properties in the composition of friction linings.

By choosing the specific heat coefficient as a functional parameter, structural transformations of the surface layers of brake friction materials with functional properties under conditions of high-temperature friction were revealed for the first time, and the structure formation mechanism was modeled.

A program has been developed for automatic calculation of the specific heat coefficient of composite materials with functional properties depending on the volume content of components with access to the Windows software environment, displaying the import and export fields of the program using the Winforms method. The program allows to calculate the minimum or maximum coefficients of specific heat of friction materials and select the percentages of components for the development of friction materials with different coefficients of specific heat.

For the first time, the thermophysical and endogenous properties of fayalite ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ), contained in the slag of the Alaverdi copper smelter and used as a regulator of functional properties in the composition of brake friction materials, have been revealed. The mechanism of structure formation has been studied, according to which fayalite with a high heat capacity coefficient exhibits endogenous properties and absorbs the generated heat, increasing the friction properties of the composite.

For the first time, an environmentally friendly, effective, heat-resistant brake composite material based on the polymer Bastenit-10 using fayalite (RA Patent, No. 752Y, 2022) and its production technology have been developed based on the study of binders, fillers and regulators of functional properties used in brake friction materials. It is

shown that the brake composite material Bastenit-10 has high and stable braking properties and, in terms of its friction characteristics, meets the requirements of standard No. 13 of the European Economic Council.

Based on the study of the tribological characteristics of binders, fillers and regulators of functional properties, a new, multicomponent, asbestos-free, heat-resistant brake composite material "Bastenit-10" (patent RA No. 752Y, 2022) and a technology for its production have been developed.

The main provisions of the dissertation are published in 12 scientific papers, one of which is a patent of the RA. The amount of papers without co-authors - 2.



