

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ  
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ՄԵԼԻՔՍԵԹՅԱՆ Գալուստ Նորիկի

**ԲԱԶՄԱԲԱՂԱԴՐԻՉ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՄԲ ԱՍԲԵՍԱԶԵՐԾ  
ԱՐԳԵԼԱԿԱՅԻՆ ԶԵՐՄԱԿԱՅՈՒՆ ԿՈՄՊՈԶԻՏԱՅԻՆ  
ՇՓԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ**

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

Ս Ե Ղ Մ Ա Գ Ի Ր

ԵՐԵՎԱՆ – 2018

---

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ АРМЕНИИ

МЕЛИКСЕТЯН Галуст Норикович

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЗАСБЕСТОВЫХ  
ТОРМОЗНЫХ ТЕПЛОСТОЙКИХ ФРИКЦИОННЫХ КОМПОЗИТОВ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических  
наук по специальности 05.16.01 – «Материаловедение»

ЕРЕВАН – 2018

Առենախոսության թեման հաստատվել է Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի գիտական խորհրդի կողմից:

Գիտական ղեկավար՝ տեխ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր,  
ՀՀ գիտության վաստակավոր գործիչ Ս.Գ. Աղբալյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝  
տեխ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր Ա.Ի. Սահրադյան  
տեխ. գիտ. թեկնածու, դոցենտ Ա.Ա. Ավայան

Առաջատար կազմակերպություն՝ ՀՀ ԳԱԱ Մեխանիկայի ինստիտուտ

Առենախոսության պաշտպանությունը կայանալու է 2018թ. հունիսի 05-ին, ժամը 15<sup>00</sup>-ին Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանում գործող ՀՀ ԲՈԿ-ի «Մետալուրգիա և նյութագիտություն» մասնագիտական խորհրդի (թվանիշ 031) «Նյութագիտություն» ենթախորհրդի (թվանիշ Ե.16.01) նիստում:

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

Առենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀԱՊՀ-ի գրադարանում:  
Սեղմագիրն առաքված է 2018թ. ապրիլի 26-ին:

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

---

Тема диссертации утверждена ученым советом Национального политехнического университета Армении.

Научный руководитель: докт. техн. наук, профессор,  
заслуженный деятель науки РА С.Г. Агбальян

Официальные оппоненты:  
докт. техн. наук, профессор А.И. Саградян  
канд. техн. наук, доцент А.А. Алаян

Ведущая организация: НАН РА Институт Механики

Защита диссертации состоится 05 июня 2018г. в 15<sup>00</sup> ч на заседании под совета «Материаловедение» (шифр 05.16.01) Специализированного совета «Металлургия и материаловедение» (шифр 031) ВАК РА, действующего при Национальном политехническом университете Армении, по адресу: 0009, г. Ереван, ул. Теряна, 105.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НПУА.

Автореферат разослан 26 апреля 2018г.

Ученый секретарь Специализированного совета 031, докт. техн. наук, профессор



А.М. Оганесян

**Աշխատանքի հրատապությունը և արդիականությունը:** 20-րդ դարավերջին, արգելակային շփանյութերում օգտագործվող ասբեստաթելքի վնասակար հատկությունների բացահայտվելուց հետո, ՄԱԿ-ին առընթեր ԵՏԽ-ի որոշման համաձայն, 1988թ. հունվարի 1-ից կտրականապես արգելվել է ասբեստաթելքի օգտագործումը արգելակային շփանյութերի բաղադրակազմերում: Ուստի ասբեստազերծ և էկոլոգիապես մաքուր շփանյութերի ստեղծումն այժմ հրատապ է և տեխնիկական առաջընթացի պայմաններում դարձել է ժամանակակից շփական նյութագիտության գիտատեխնիկական կարևոր նշանակություն ունեցող և արդիական հիմնախնդիրներից մեկը: Այդ հիմնահարցի իրականացման ճանապարհին անհրաժեշտ է լուծել մի շարք համալիր խնդիրներ՝ կապված կապակցող նյութերի և լցուկների տիպերի ու քանակության որոշման, արտադրական սարքավորումների ընտրության, ռեսուրսախնայողական տեխնոլոգիաների մշակման, շփական հանգույցների հաշվարկման և նախագծման հետ:

ՀՀ բազմաբաղադրիչ հանքանյութերի թափոնների թելքերը և փոշիները, ունենալով յուրատեսակ հատկություններ, կարող են հանդես գալ որպես էժանագին հումք ասբեստազերծ և էկոլոգիապես մաքուր պոլիմերային հիմքով արգելակային շփանյութերի բաղադրակազմերի մշակման համար, հիմնավորապես փոփոխելով սկզբնական նյութի շահագործողական բնութագրերն ու հատկությունները: Այդ հարցն ունի պետական կարևորության նշանակություն, քանի որ կենսական պահանջ է դարձել տեղական հումքի օգտագործմամբ արտադրության կազմակերպումը հանրապետությունում:

**Ատենախոսության նպատակը և խնդիրները:** Ատենախոսության հիմնական նպատակն է Հայաստանի Հանրապետության տարածքում գտնվող հանքանյութերի բազմաբաղադրիչ թափոնների կիրառմամբ պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ արգելակային ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի ստացման տեխնոլոգիայի մշակումը և կառուցվածքագոյացման գործընթացի ու հատկությունների հետազոտումը:

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

1. պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ արգելակային շփանյութերի հատկությունների վրա ջերմաստիճանային ռեժիմի ազդեցության օրինաչափությունների բացահայտումը,
2. պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ շփանյութերի բարձրջերմաստիճանային շփման և մաշման մեխանիզմի և կինետիկայի բացահայտումը,
3. Հայաստանի բազմաբաղադրիչ հանքանյութերի թափոններից ստացված թելքերի և փոշիների կիրառմամբ բարձրջերմաստիճանային ռեժիմի պայմաններում աշխատունակ պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ կոմպոզի-

տային շփանյութի ստացման տեխնոլոգիայի մշակումը և կառուցվածքագոյացման գործընթացի ու հատկությունների հետազոտումը:

**Պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթներն են.**

1. Ջերմաստիճանային ռեժիմների ազդեցությունը պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ արգելակային շփանյութերի հատկությունների վրա,

2. Պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ արգելակային կոմպոզիտային շփանյութերի բարձրջերմաստիճանային շփման և մաշման մեխանիզմը և կինետիկան,

3. Հայաստանի Հանրապետության տարածքում գտնվող հանքաքարերի բազմաբաղադրիչ թափոններից ստացված թելքերի և փոշիների կիրառմամբ բարձր ջերմաստիճաններում աշխատունակ պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ կոմպոզիտային շփանյութերի ստացման տեխնոլոգիան,

4. Հայաստանի Հանրապետության տարածքում գտնվող հանքաքարերի բազմաբաղադրիչ թափոններից ստացված թելքերի և փոշիների կիրառմամբ բարձր ջերմաստիճաններում աշխատունակ պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ կոմպոզիտային շփանյութերի կառուցվածքագոյացման մեխանիզմը և հատկությունները:

**Աշխատանքի գիտական նորույթը:** Արգելակային շփանյութերում կիրառվող կապակցանյութերի, լցուկների և շփման գործակցի կարգավորիչների ուսումնասիրման հիման վրա առաջին անգամ մշակվել են արգելակային բազմաբաղադրիչ նոր՝ Բաստենիտ-9 անվամբ նյութերի կիրառմամբ պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ արգելակային ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութը և նրա ստացման տեխնոլոգիան:

Առաջին անգամ մշակվել է պոլիմերային հիմքով բազմաբաղադրիչ արգելակային շփանյութերի բարձրջերմաստիճանային մաշման ֆիզիկական մոդելը, բացահայտվել են շփանյութի մակերևութային շերտի քայքայման մեխանիզմը և կինետիկան:

Առաջին անգամ բացահայտվել են Հայաստանի հանքաքարերից մարմարի փոշու շփական հատկությունները և դրանց կիրառման բնագավառները:

Մեխանաքիմիական փոփոխությունների ջերմաստիճանային միջակայքի կարգավորման միջոցով ասբեստազերծ նոր նյութերի ստացման մեթոդի կիրառմամբ, մշակվել է նյութերի համախումբ՝ ավտոմոբիլային սկավառակային արգելակների շփանյութերի ստեղծման համար:

Բացահայտվել են բարձրջերմաստիճանային պայմաններում աշխատող պոլիմերային հիմքով արգելակային շփանյութերի շփման և մաշման օրինաչափությունները:

**Աշխատանքի կիրառական նշանակությունը:** Մշակվել է Հայաստանի հանքաքարերի բազմաբաղադրիչ թափոններից ստացված թելքերի և փոշիների կիրառմամբ պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ արգելակային

ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի ստացման տեխնոլոգիա: Ստեղծվել է ասբեստազերծ արգելակային կոմպոզիտային նոր շփանյութ՝ տրանսպորտային միջոցների սկավառակային արգելակներում կիրառելու նպատակով:

**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 ընթացքում կիրառվել են համակարգչային, մաթեմատիկական մոդելավորման, գրաֆիկական, մետաղագրական, ռենգենաֆագային, քիմիական, ջերմաձանրաչափական, դիֆերենցիալ-ջերմաձանրաչափական և այլ վերլուծական մեթոդներ:

**Աշխատանքի արդյունքների հրապարակումները:** Ատենախոսության հիմնադրույթները և գործնական հանձնարարականները զեկուցվել և քննարկվել են 5 միջազգային, հանրապետական, ինչպես նաև Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի 2013-2017թ.թ. տարեկան գիտաժողովներում: Ատենախոսության հիմնական արդյունքները հրապարակված են մեկ գյուտի արտոնագրում և 12 գիտական աշխատություններում, որից երեքն առանց համահեղինակների են:

**Ատենախոսության կառուցվածքը և ծավալը:** Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլխից, ընդհանուր եզրակացություններից և 155 անուն օգտագործված գրականության ցանկից: Այն շարադրված է 140 համակարգչային տպագիր էջի վրա, պարունակում է 42 նկար, 29 աղյուսակ և 1 հավելված:

## **ԱՏԵՆԱՒՈՍՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԲՈՎԱՆԴԱՎՈՒԹՅՈՒՆԸ**

**Ներածությունում** հիմնավորված են ատենախոսության թեմայի արդիականությունը, հիմնական նպատակը և պաշտպանության ներկայացվող դրույթները, ստացված արդյունքները, ինչպես նաև աշխատանքի կիրառական նշանակությունը:

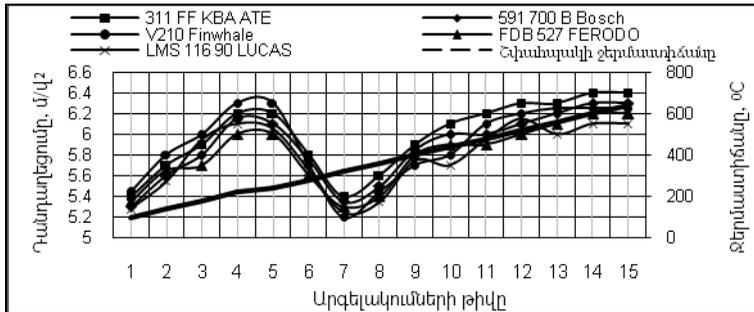
**Առաջին գլուխը** նվիրված է ասբեստազերծ արգելակային կոմպոզիտային շփանյութերի կիրառմանը ավտոմոբիլային արգելակներում: Քննարկված են արգելակային շփանյութերի շփման և մաշման գործընթացի տեսական հիմունքները, ավտոմոբիլային արգելակների շփանյութերի շահագործման պայմանները, դրանց աշխատունակության չափանիշները և կոմպոզիտային նյութերի օգտագործման տեսանկյուններն ավտոմոբիլային արգելակային ներդիրներում: Եզրակացությունում հիմնավորված են ատենախոսության հիմնական նպատակը և խնդիրները:

**Երկրորդ գլխում՝** կատարվել են արգելակային շփական ներդիրների և դրանց ելանութերի ընտրություն ու հիմնավորում: Որպես փորձարկման օբյեկտ ընտրվել է Lada (BA3) 2113 (Samara2) մակնիշի մարդատար ավտոմեքենայի առջևի կամրջակի սկավառակային արգելակը: Հետազոտման նպատակով որպես փորձնական շփանյութեր ընտրվել են դասական բազմաբաղադրիչ կոմպոզիտային Textar, Bosch, ATE և Finwahle (Գերմանիա), Ferodo և Lucas (Անգլիա), ТИИР, Фритекс, ЕзАТИ (ՌԴ), Samko և Pilenga (Իտալիա) Dafmi (Ուկրաինա) հայտնի ֆիրմաների ասբեստազերծ արգելակային շփանյութերը, որոնք Lada (BA3) մեքենաների ավտոպահեստամասերի շուկայում լայն տարածում ունեն:

Ընտրվել և հիմնավորվել է Հայաստանի հանքաքարերի թափոններից ստացված բազալտաթելքի, ապակեթելքի և մարմարի փոշու համախումբը: Մշակվել է ֆիզիկական մոդելավորում նախատեսող փորձագիտական հետազոտությունների մեթոդակարգ: Շփազույգի տարրերի և առաջացած մաշման հատիկների ուսումնասիրման նպատակով մշակվել է հետազոտման ջերմաֆիզիկական մեթոդների օգտագործման ծրագիր:

**Երրորդ գլխում** հետազոտվել են բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի մաշման և շփման օրինաչափությունները բարձր ջերմաստիճաններում, որի արդյույուն բացահայտվել են արգելակային շփանյութերի մակերևութային շերտի քայքայման մեխանիզմն ու կինետիկան: Հիմնավորվել են բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի ստացման գործընթացները: Ցույց է տրված, որ արգելակային շփանյութերի շփման գործակիցները ջերմաստիճանի բարձրացմանը զուգընթաց աճում են և 220...280°C պայմաններում հասնում առավելագույնի: Ջերմային ռեժիմի հետագա բարձրացումը՝ մինչև 330...400°C, նպաստում է շփման գործակցի անկմանը, սակայն ջերմաստիճանի հետագա բարձրացումը կրկին հանգեցնում է շփման գործակցի արժեքի աճին:

Բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ շփանյութերի փորձարկման արդյունքների (նկ. 1) վերլուծությունը հնարավորություն է տալիս եզրակացնելու, որ ջերմային ռեժիմի ազդեցությունը շփանյութերի շփման գործակիցի և դանդաղեցման վրա արտահայտվում է երեք տիրույթներով՝ շփման գործակցի (դանդաղեցման) աճի ջերմաստիճանային տիրույթ (մինչև 280°C), շփման գործակցի (դանդաղեցման) նվազման ջերմաստիճանային տիրույթ (280°C մինչև 400°C) և շփման գործակցի (դանդաղեցման) կրկնակի աճի ջերմաստիճանային տիրույթ (400°C-ից բարձր): Ջերմային ռեժիմի աճի հետևանքով շփման գործակցի արժեքի նվազումը, և կապակցող նյութերի տրոհումը հաստատում են մեխանաքիմիական փոխակերպումների և մաշման մեխանիզմի փոփոխության առկայությունը:



Նկ. 1. Տարբեր շփանյութերի դանդաղեցման կախվածությունը արգելակումների թվից տաքացման ռեժիմում արգելակելիս

220...280°C բարձր ջերմաստիճաններում, ըստ միջազգային ստանդարտների, հետազոտվել են համեմատաբար կայուն և բարձր շփման գործակիցներ (դանդաղեցում) ունեցող շփանյութերը: Արգելակումների թիվը ընտրվել է այնպես, որ գրանցումներն իրականացվեն 280°C մակերևութային ջերմաստիճանից և վերջին արգելակումից առաջ այն չգերազանցի 600°C:

Շփանյութերի գծային մաշման կախումը ջերմաստիճանից արտահայտվում է աստիճանային կորերի տեսքով, ինչը հավաստում է մաշման մեխանիզմի փոփոխությունը: Շփանյութի մաշակայունության և մեկ արգելակման ընթացքում ջերմաստիճանի աճի միջև որակական կապ հաստատելու համար իրականացվել են փորձարկումներ շփազույգի իզոջերմային պայմաններում: Որպես արգելակման նախնական ջերմաստիճան ընտրվել է 280°C, քանի որ սկսած այդ ջերմաստիճանից նկատվում է ընտրված շփանյութերի շփման գործակիցի նվազման գործընթացը: Երբ շփազույգի մակերևութային ջերմաստիճանը հասնում է 280°C, կատարվում են մեկական արգելակումներ, գրանցելով ջերմաստիճանի աճը: Յուրաքանչյուր արգելակումից հետո տրվում է դադար մինչև շփազույգի մակերևութային ջերմաստիճանը նվազի և կազմի 280°C: Սկզբնական արգելակումների ընթացքում (մինչև 4...7 արգելակում) նկատվում է ջերմաստիճանի աճի արժեքների մեծացում: Այնուհետև այն դադարում է, և սկսած 9-րդ արգելակումից՝ շփանյութերի ջերմաստիճանի աճի արժեքները դառնում են հաստատուն: Յուրաքանչյուր շփանյութ ունի իր ջերմաստիճանային աճի հաստատուն արժեքը: Գոյություն ունի ուղիղ համեմատական կապ շփանյութի մաշակայունության և մեկ արգելակման դեպքում առաջացած ջերմաստիճանի աճի միջև: 280°C բարձր պայմաններում աշխատող շփանյութերի դեպքում, որքան մեծ է ջերմունակության գործակիցը (փոքր է ջերմաստիճանի աճը), այնքան մաշակայուն է շփանյութը: Այս հանգամանքը կարևոր է բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի բաղադրակազմերի մշակման

տեսանկյունից, քանի որ բարձր ջերմունակությամբ լցուկների օգտագործումը հնարավորություն կտա մեծացնելու շփանյութերի մաշակայունությունը:

Փորձարկման արդյունքների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ ջերմային ռեժիմի ազդեցությունը շփանյութերի մակերևութային շերտերի վրա բնութագրվում է ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների և մեխանաքիմիական ու լարվածադեֆորմացման փոխակերպումների փոփոխություններով:

Դիֆերենցիալ-ջերմաձանրաչափական և ջերմաձանրաչափական մեթոդներով ուսումնասիրվել են ընտրված շփանյութերի նմուշների ջերմաֆիզիկական հատկությունները: Ցույց է տրվել, որ դիֆերենցիալ-ջերմաձանրաչափական կորերն ունեն էկզոջերմային բնույթ, իսկ ջերմաձանրաչափական կորերն ապացուցում են, որ տաքացման ընթացքում տեղի է ունեցել շփանյութերի նմուշների զանգվածի կորուստ: Մակերևութային շերտերի մեխանաքիմիական փոփոխությունների ջերմաստիճանային տիրույթների սիթեզի արդյունքում բացահայտվել են տեղի ունեցող մեխանաքիմիական փոխակերպումները և մեխանիզմները (աղ. 1):

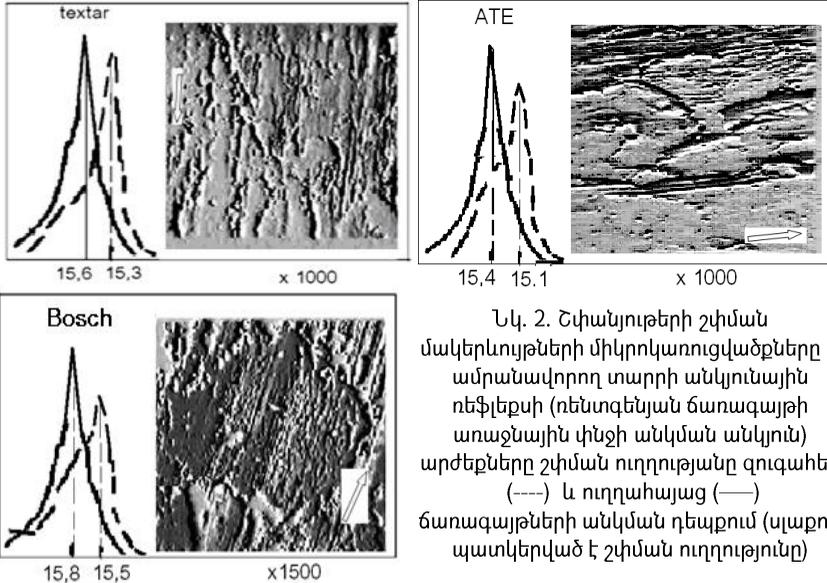
Աղյուսակ 1

Մեխանաքիմիական փոխակերպումների մեխանիզմները

| №   | Մեխանիզմը  | Շփանյութը                    |         |         |
|-----|--|------------------------------|---------|---------|
|     |  | Texar                        | Bosch   | ATE     |
|     |  | Փոխակերպման ջերմաստիճանը, °C |         |         |
| I   | Մակերևութային շերտի ամրության նվազում և բաղադրակազմի ցնդող տարրերի ցածր մոլեկուլային պիրոլիզ | 100-325                      | 100-300 | 100-225 |
| II  | Կապակցող նյութերի տրոհում  | 325-450                      | 325-450 | 225-450 |
| III | Ամրանային տարրերի տրոհում  | 450-725                      | 450-725 | 450-725 |
| IV  | Մակերևութային շերտի ածխածնացում  | Բարձր 725                    |         |         |

Ցույց է տրվել, որ մեխանաքիմիական փոփոխություններն ունեն բազմափուլ բնույթ և սկսվում են դեռևս ցածրջերմաստիճանային շփման պայմաններում: Մինչև 325°C տեղի է ունենում մակերևութային շերտի ամրության նվազում և բաղադրակազմի ցնդող տարրերի ցածր մոլեկուլային քաշային պիրոլիզ (I տիրույթ): Մինչև 450°C նկատվում է կապակցող նյութի տրոհում (II տիրույթ): Մինչև 725°C տեղի է ունենում ամրանային տարրի տրոհում (III տիրույթ) և 725°C բարձր պայմաններում նկատվում է մակերևութային շերտի ածխածնացում (IV տիրույթ), ընդ որում փոխակերպումներն ուղեկցվում են ջերմության անջատումով: Մեխանաքիմիական գործընթացները տվյալ ջերմային ռեժիմի պայմաններում գերակայող են, քանի որ ջերմաստիճանի գրադիենտը հասնում է մեծ արժեքների ( $d\theta/dt > 50$  °C/րոպե): Դա լուրջ ազդեցություն է գործում շփման գործակցի արժեքի փոքրացման և մաշման սաստկության աճի վրա: Շփանյութերի մակերևութային շերտերի լարվածադեֆորմացման վիճակի գնահատման

նպատակով առաջացած մաշման հատիկները և շփանյութերի նմուշների շփման մակերևույթներն ուսումնասիրվել են ռենտգենյան դիֆրակցիայի և էլեկտրոնային մանրադիտակային մեթոդներով (Նկ. 2), արդյունքում պարզվել է, որ մակերևութային շերտերը կողմնորոշված են շփման ուղղությամբ և առկա են միկրոճաքեր: Ընդ որում, միկրոճաքերը տարածված են ինչպես շփման վեկտորի ուղղությամբ, այնպես էլ նրան ուղղահայաց ուղղությամբ: Ավելի շատ ճաքեր առկա են համեմատաբար ցածր մաշակայունություն ունեցող ATE շփանյութի մակերևութային շերտերում:



Նկ. 2. Շփանյութերի շփման մակերևույթների միկրոկառուցվածքները և ամրանավորող տարրի անկյունային ռեֆլեքսի (ռենտգենյան ճառագայթի առաջնային փնջի անկման անկյուն) արժեքները շփման ուղղությամբ զուգահեռ (—) և ուղղահայաց (---) ճառագայթների անկման դեպքում (սլաքով պատկերված է շփման ուղղությունը)

Ռենտգենագրերից երևում է, որ մակերևույթին ընկնող ճառագայթները, կախված շփման ուղղությունից, ունեն տարբեր անկյունային ռեֆլեքսներ: Դա հաստատում է, որ մակերևույթի բարակ շերտերում գործում են մնացորդային լարումներ, ընդ որում, շփման վեկտորի ուղղությամբ դրանք ձգող լարումներ են ( $\sigma_1$ ), իսկ ուղղահայաց ուղղությամբ՝ ձգող լարումներից փոքր սեղմող լարումներ ( $\sigma_3$ ): Լարումների այսպիսի անհամաչափ բաշխումը շփման վեկտորի ուղղությամբ մակերևութային շերտերի կողմնորոշման արդյունք է և հանգեցնում է մակերևութային շերտերում շփման ուղղությամբ տարածվող միկրոճաքերի առաջացմանը, ինչը երևում է նաև Նկ. 2-ում բերված միկրոկառուցվածքներից:

Բազմաբաղադրիչ ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի ստեղծման գործընթացի հետազոտումը՝ արգելակային շփանյութերի նախագծման ալգորիթմի միջոցով, հնարավորություն է տալիս բացահայտելու շփանյութերի մա-

կերևութային շերտերում տեղի ունեցող հիմնական մեխանաքիմիական փոխակերպումների դինամիկան և օրինաչափությունները՝ շփանյութերի չափավոր մաշումից ուժգին մաշմանն անցման ջերմաստիճանային տիրույթում:

Արգելակային շփանյութերում՝ 250...400°C ջերմաստիճանային միջակայքում առկա է մեխանաքիմիական փոխակերպումների և շփանյութերի շփագիտական բնութագրերի միջև ուղիղ համեմատական կապ, որքան ցածր ջերմաստիճաններում են կատարվում մեխանաքիմիական փոխակերպումները, այնքան վաղ է սկսվում շփման գործակցի արժեքի նվազումն ու մաշման սաստկության անցումը չափավորից դեպի ուժգինը: Հետազոտման արդյունքները հաստատում են, որ ասբեստազերծ ջերմակայուն կոմպոզիտային նոր շփանյութերի մշակման գործընթացում կապակցող նյութերի, ամրանային տարրերի և նպատակային լցուկների ընտրման միջոցով շփանյութերի չափավոր մաշումից ուժգին մաշմանն անցման ջերմաստիճանային տիրույթն անհրաժեշտ է տեղաշարժել դեպի ավելի բարձր ջերմաստիճանային տիրույթ, ուղենիշ ունենալով շփագույգի աշխատունակության բարձրացումը:

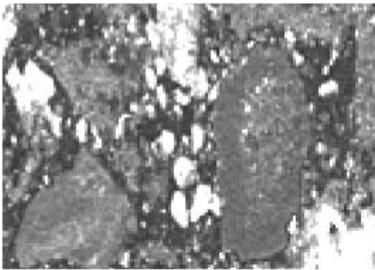
Բարձր ջերմաստիճաններում ասբեստազերծ ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի մաշման և շփման գործընթացի հետազոտումը կատարվել է՝ հաշվի առնելով բարձրջերմաստիճանային պայմաններում առաջացած մաշման հատիկների ձևաբանությունը, շփանյութերի ջերմային ընդարձակման դինամիկան և մետաղական հակամարմնի շփման մակերևույթի վիճակի վրա շփանյութերի ազդեցությունը: Տույց է տրված, որ մաշման հատիկները թերթաձև են (նկ. 3) և տարբերվում են իրենց չափերով՝ կախված շփանյութերի բաղադրակազմերից:

Ամենամեծ չափեր ունեն ATE շփանյութի մաշումից առաջացած մասնիկները, իսկ ամենափոքրը՝ Textar՝ համեմատաբար բարձր մաշակայունություն ունեցող շփանյութի մաշումից առաջացած հատիկները: Թերթաձև մաշման հատիկների առաջացումը հաստատում է նաև այն վարկածը, որ բարձր ջերմաստիճանային շփման և շփանյութերի ուժգին մաշման պայմաններում տեղի է ունենում մաշման ֆիզիկական մոդելի փոփոխություն. հոգնածային մաշման մեխանիզմը փոխակերպվում է շերտատմամբ մաշման մեխանիզմի:

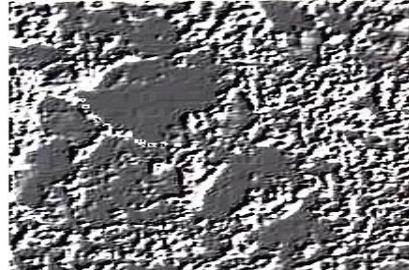
Նշված փոխակերպման հավաստիությունը գնահատելու և շփանյութերի ջերմային ընդարձակման դինամիկան ուսումնասիրելու նպատակով իրականացվել են շփանյութերի ընդարձակաչափական վերլուծություններ: Շփանյութերը միմյանցից տարբերվում են իրենց ջերմային ընդարձակման գործակիցների փոփոխման օրինաչափություններով: Ջերմաստիճանի բարձրացման ընթացքում աճում է կախվածությունը բնութագրող կորի կազմած անկյունը ջերմաստիճանի առանցքի նկատմամբ, ինչը վկայում է շփանյութերի ջերմային ընդարձակման գործակիցների աճի և ենթամակերևութային շերտում միկրո-

ճաքերի առաջացման մասին: Ավելի բարձր (մեծ 600°C) ջերմաստիճանային պայմաններում շփանյութերի ջերմային ընդարձակումները դադարում են:

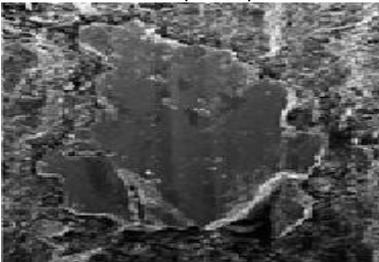
Ջերմային ռեժիմի աճի հետևանքով շփման գործակցի արժեքի աճի նվազումից հետո, մաշման սաստկության անցումը չափավորից դեպի ուժգինի և կապակցող նյութերի միաժամանակյա տրոհումը հաստատում են մեխանա-քիմիական փոխակերպումների և մաշման մեխանիզմի փոփոխության առկայությունը:



Textar ( x 300)



ATE (x 300)

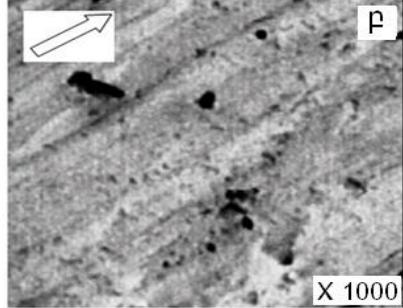
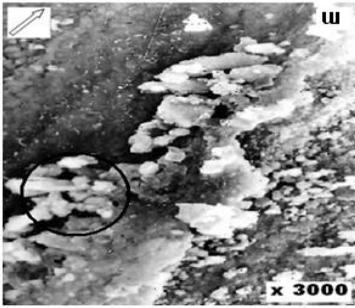


Bosch (x 500)

Նկ. 3. Շփանյութերի բաժր ջերմաստիճաններում շփումից առաջացած տիպային մաշման հատիկների միկրոկառուցվածքները

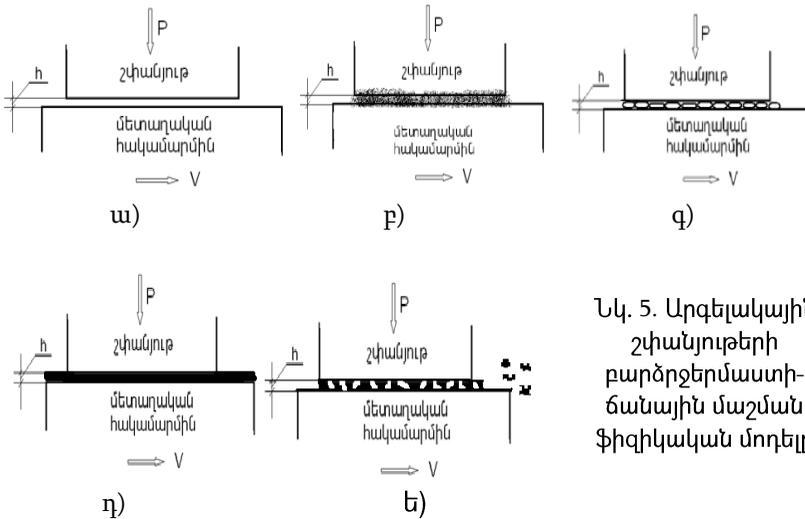
Մետաղական հակամարմնի շփման մակերևույթի վիճակի վրա շփանյութերի ազդեցության ուսումնասիրությունները հաստատում են, որ անկախ կապակցող նյութերի տիպից՝ շփանյութերն ունակ են մետաղական հակամարմնի շփման մակերեսին ձևավորելու շփափոխանցման հետևանքով առաջացած շերտեր (նկ. 4, ա), որոնց առկայության դեպքում նկատվում է շփման առավելագույն գործակիցը: Մետաղական հակամարմնի վրա այդպիսի շերտերի բացակայության դեպքում (նկ. 4, բ) շփանյութն անմիջական հպման մեջ է գտնվում մետաղական հակամարմնի մակերևույթի հետ, որն էլ շփման գործակցի նվազման պատճառներից մեկն է:

Ուսումնասիրելով մաշումից առաջացած հատիկների երկրաչափությունը, կառուցվածքը և ջերմային հատկությունները, բացահայտվել են արգելակային շփանյութերի մակերևութային շերտի քայքայման մեխանիզմը և կինետիկան, մշակվել է ֆիզիկական մոդելը (նկ. 5):



Նկ. 4. Մետաղական հակամարմնի շփման մակերեսների միկրոկառուցվածքները ռետինային կապակցող շփանյութերի հետ շփումից հետո առավելագույն (ա) և նվազագույն (բ) շփման գործակիցների դեպքում

Սկզբում շփանյութը շփվում է հակամարմնի մակերևույթին շրջապատից ադսորբված շերտի հետ (Նկ. 5, ա), որը շատ արագ մաքրվում է: Այնուհետև առաջանում են մաշման առաջին հատիկները, որոնց մի մասը դուրս է նետվում շփման տիրույթից, իսկ որոշ մասը ադիեզիայի հետևանքով կաչում է մետաղական հակամարմնին (Նկ. 5, բ): Նկատվում է շփման գործակիցի մեծացում: Ջերմաստիճանի հետագա բարձրացումը նպաստում է մետաղական հակամարմնի շփման մակերեսին աստիճանաբար շփանյութափոխանցված կայուն և պինդ վիճակում գտնվող թաղանթի ձևավորմանը (Նկ. 5, գ), որի առկայության դեպքում նկատվում է շփման գործակիցի առավելագույն արժեքը:



Նկ. 5. Արգելակային շփանյութերի բարձրջերմաստիճանային մաշման ֆիզիկական մոդելը

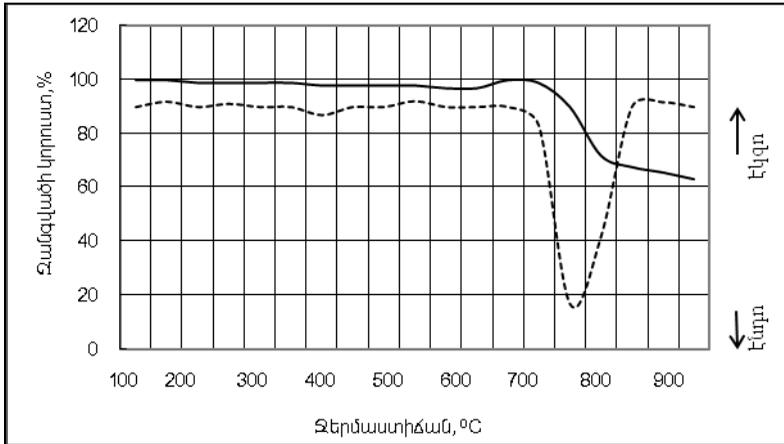
Շփման հետևանքով շփահպակում նկատվում է ջերմաստիճանի շարունակական աճ, որը հանգեցնում է շփանյութափոխանցված թաղանթի հալված վիճակին (նկ. 5, դ): Նկատվում է շփման գործակիցի նվազագույն արժեք: Զերմաստիճանի հետագա աճը և տեղի ունեցող մեխանաքիմիական փոխակերպումները քայքայում են շփանյութափոխանցված թաղանթը, և առաջանում են մաշման հատիկները (նկ. 5, ե): Շփման գործակիցի կրկնակի մեծացման պայմաններում մետաղական հակամարմնի շփման մակերեսին շփանյութափոխանցված թաղանթը վերանում է:

**Չորրորդ գլուխը նվիրված է** բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի և դրանց ստացման տեխնոլոգիայի մշակմանն ու տեխնիկատնտեսական հիմնավորմանը:

Բազմաբաղադրիչ ասբեստազերծ ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի մշակման նպատակով, որպես ամրանավորող բաղադրիչներ, ուսումնասիրվել են Հայաստանի հանքաքարերից ստացված բազալտաթելը և ապակեթելը, ինչպես նաև գրաֆիտաթելը և ասբեստաթելը:

Դիֆերենցիալ-ջերմաձանրաչափական վերլուծությունները ցույց են տալիս, որ բոլոր թելերի ուժգին տրոհման հիմնական գործընթացները էկզոջերմային բնույթի են և սկսվում են հիմնականում 550°C-ից բարձրջերմաստիճանային պայմաններում: Դա լրացուցիչ կերպով բարձրացնում է շփահպակի ջերմաստիճանը և մեծացնում ջերմաստիճանային գրադիենտը, նպաստելով շփանյութերի ավելի արագ քայքայմանը, ինչն ուղենիշ է բազմաբաղադրիչ ասբեստազերծ կոմպոզիտային նոր և ջերմակայուն շփանյութերի մշակման և առաջարկման համար: Հնարավորություն է ստեղծվում բարձրացնելու շփանյութերի ջերմակայունությունը և շփամաշվածքային բնութագրերը բարձր ջերմաստիճաններում, դրանց բաղադրակազմերում օգտագործելով այնպիսի նպատակային լցուկներ, որոնց տրոհման ջերմաստիճանները գտնվում են 550°C-ից մինչև 850°C ջերմաստիճանային տիրույթում, և տրոհման գործընթացները էկզոջերմային բնույթի են: Վերլուծությունները ցույց են տալիս, որ նշված հատկություններով օժտված են, մասնավորապես, կալցիումի, բարիումի սուլֆիդները և կարբոնատները:

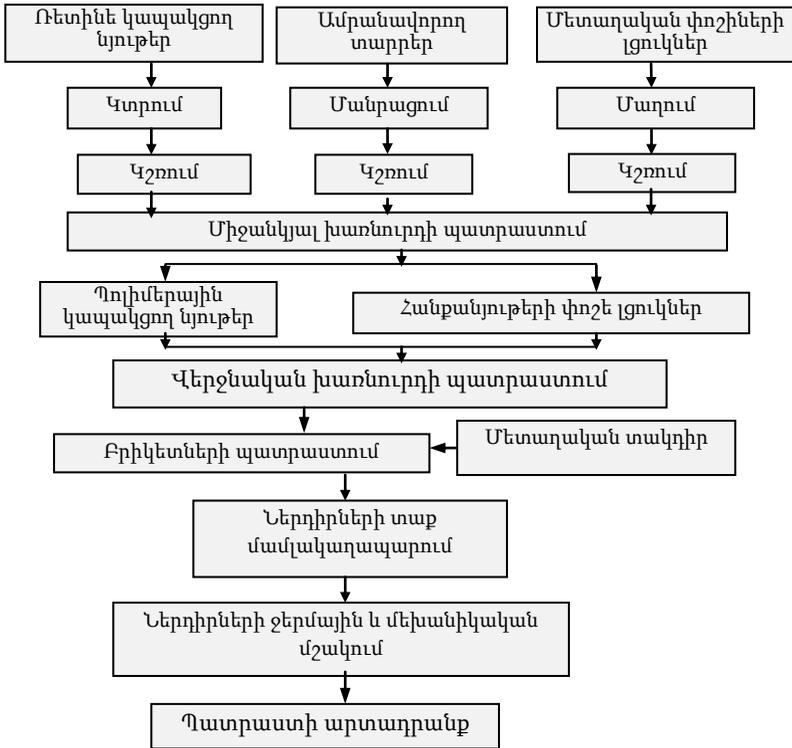
Նպատակ ունենալով բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի բաղադրակազմերում կիրառելու Հայաստանի հանքանյութերից ստացված փոշիները, ընտրվել և փորձագիտական հետազոտության է ենթարկվել կալցիումի կարբոնատով հարուստ մարմարի հանքաքարերի փոշին: Զերմաձանրաչափական մեթոդով ուսումնասիրվել են կալցիումի կարբոնատի ջերմադինամիկական հատկությունները (նկ. 6), համաձայն որոնց՝ կալցիումի կարբոնատի ուժգին տրոհումը սկսվում է մոտավորապես 750°C և ավարտվում 900°C-ում: Տեղի է ունենում մոտ 40 % զանգվածի կորուստ, ինչը պայմանավորված է տրոհման ընթացքում օքսիդների առաջացմամբ:



Նկ. 6. Կալցիումի կարբոնատի ջերմաձանրաչափական (—) և դիֆերենցիալ ջերմաձանրաչափական (----) վերլուծությունների կորերը

Այսպիսով, կալցիումի կարբոնատով հարուստ Հայաստանի բազմաբաղադրիչ հանքանյութերից մարմարի փոշու օգտագործումն արգելակային շփանյութերում ապահովում է նոր տեխնիկական արդյունավետություն: Շփանյութերի բարձրջերմաստիճանային շփման պայմաններում ապահովվում են շփման գործակիցների բարձր և կայուն արժեքներ՝ շնորհիվ շփանյութերի բաղադրակազմների ամրանային տարրերի տրոհման գործընթացներում անջատված լրացուցիչ ջերմության քանակի կլանման մարմարի փոշու կողմից: Շփանյութերի կապակցող նյութերի, լցուկների և շփման գործակցի կարգավորիչների ուսումնասիրման արդյունքում մշակվել է բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ ջերմակայուն նոր՝ «Բաստենիտ-9» անվամբ կոմպոզիտային շփանյութ (նկ. 7), որը ներառում է ջերմառեակտիվ կապակցանյութեր, թելքավոր միներալային լցանյութեր՝ ապակեթելք և բազալտաթելք, անօրգանական լցանյութեր՝ բարիտային խտանյութ, տիտանի երկօքսիդ և շփման ու մաշման կարգավորիչ՝ գրաֆիտ և լրացուցիչ պարունակում է նաև անօրգանական լցանյութ՝ հեղուկ ապակի և մարմարի փոշի, իսկ որպես շփման և մաշման կարգավորիչ՝ նատրիումի տետրաբորատ:

Բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ արգելակային ջերմակայուն կոմպոզիտային Բաստենիտ-9 շփանյութը նախատեսված է մեծ արագությունների և տեսակարար ճնշումների պայմաններում աշխատող ավտոմոբիլային սկավառակային արգելակների կոճղակների պատրաստման համար: Միայն հեղուկ ապակու, մարմարի փոշու և նատրիումի տետրաբորատի համատեղ կիրառումն է ապահովում առաջադրված խնդրի լուծումը:



Նկ. 7. Բաղադրիչների խառնման երկփուլ տեխնոլոգիայով Բաստենիտ-9 շփանյութից արգելակային ներդիրների արտադրության տեխնոլոգիական սխեման

Բաստենիտ-9 շփանյութի ներդրումը Lada (BA3) 2113 (Samara2) մակնիշի ավտոմեքենաների սկավառակային արգելակների կոճղակներում՝ տարեկան 12000 կոմպլեկտ արտադրության պայմաններում, ապահովում է 7,11 մլն դրամ տնտեսական արդյունավետություն:

### ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐ ԵՎ ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1.Ցույց է տրված, որ ավտոմեքենաների արագությունների մեծացման և բեռնատարողության աճի դեպքում, հաստատուն արգելակման ճանապարհի ապահովելու նպատակով, անհրաժեշտ է մեծացնել արգելակման մոմենտի մեծությունը և միջազգային ստանդարտներով նախատեսված բնութագրերի ցրման դաշտի վերին սահմանը տեղաշարժել դեպի ավելի մեծ արժեքներ, ինչն իր հերթին հանգեցնում է համեմատաբար մեծ շփման գործակցով օժտված

շփանյութերի օգտագործմանը՝ բարձր տեսակարար ճնշումների և ջերմաստիճանների պայմաններում:

2. Բացահայտվել է, որ ջերմային ռեժիմի ազդեցությունը պոլիմերային հիմքով շփանյութերի շփման գործակիցի վրա արտահայտվում է երեք տիրույթներով՝ շփման գործակցի (դանդաղեցման) աճի ջերմաստիճանային տիրույթ (մինչև 280°C), շփման գործակցի (դանդաղեցման) նվազման ջերմաստիճանային տիրույթ (280°C մինչև 400°C) և շփման գործակցի (դանդաղեցման) կրկնակի աճի ջերմաստիճանային տիրույթ (400°C-ից բարձր): Ցույց է տրված, որ պոլիմերային հիմքով արգելակային ասբեստազերծ բազմաբաղադրիչ շփանյութերի մակերևութային շերտերում ընթացող մեխանաքիմիական փոփոխություններն ունեն բազմափուլ բնույթ և սկսվում են դեռևս ցածրջերմաստիճանային շփման պայմաններում, համաձայն որի՝ մինչև 325°C տեղի են ունենում մակերևութային շերտի ամրության նվազում և բաղադրակազմի ցնդող տարրերի ցածր մոլեկուլային քաշային պիրոլիզ: Մինչև 450°C նկատվում է կապակցող նյութի տրոհում, այնուհետև մինչև 725°C տեղի է ունենում ամրանային տարրի տրոհում, և 725°C-ից բարձր պայմաններում նկատվում է մակերևութային շերտի ածխածնացում: Մեխանաքիմիական գործընթացներն ուղեկցվում են ջերմության անջատումով, որոնք բարձր ջերմաստիճաններում գերակայող են և լուրջ ազդեցություն են գործում շփման գործակցի արժեքի փոքրացման և մաշման ինտենսիվության աճի վրա:

3. Բացահայտվել է պոլիմերային հիմքով շփանյութերի մակերևութային շերտերում տեղի ունեցող հիմնական մեխանաքիմիական փոխակերպումների դինամիկան և օրինաչափությունները՝ շփանյութերի չափավոր մաշումից ուժգին մաշմանն անցման ջերմաստիճանային տիրույթում: Ցույց է տրված, որ 250...400°C ջերմաստիճանային տիրույթում պոլիմերային հիմքով շփանյութերում առկա է մեխանաքիմիական փոխակերպումների և շփանյութերի շփագիտական բնութագրերի միջև ուղիղ համեմատական կապ: Որքան ցածր ջերմաստիճաններում են կատարվում մեխանաքիմիական փոխակերպումները, այնքան վաղ են սկսվում շփման գործակցի արժեքի նվազումն ու մաշման ինտենսիվության անցումը չափավորից դեպի ուժգինը:

4. Առաջին անգամ մշակվել է պոլիմերային հիմքով բազմաբաղադրիչ արգելակային շփանյութերի բարձրջերմաստիճանային մաշման ֆիզիկական մոդելը՝ բացահայտվել են շփանյութերի մակերևութային շերտի քայքայման մեխանիզմը և կինետիկան, համաձայն որի՝ շփանյութը սկզբում շփվում է հակամարմնի մակերևութային շրջապատից աղսորդված շերտի հետ, որը շատ արագ մաքրվում է, այնուհետև առաջանում են մաշման առաջին հատիկները, որոնց մի մասը դուրս է նետվում շփման տիրույթից, իսկ որոշ մասն ադիեզիայի հետևանքով կաչում է մետաղական հակամարմնին՝ մեծացնելով շփման գործակիցը: Ջերմաստիճանի հետագա բարձրացումը նպաստում է՝ մետաղական հակամարմնի շփման մակերեսին աստիճանաբար ձևավորելու

շփանյութափոխանցված կայուն և պինդ վիճակով թաղանթ (ՇՆԹ), որի առկայության դեպքում նկատվում է շփման գործակցի առավելագույն արժեք: Շփման հետևանքով շփահպակում նկատվում է ջերմաստիճանի շարունակական աճ, որի հետևանքով ՇՆԹ հալվում է, արդյունքում տեղի է ունենում շփանյութի և հալված շերտի շփում, ինչը հանգեցնում է շփման գործակցի կտրուկ փոքրացմանը: Ջերմաստիճանի հետագա բարձրացումը և տեղի ունեցող մեխանաքիմիական փոխակերպումները քայքայում են շփանյութափոխանցված թաղանթը և առաջացնում մաշման հատիկներ: Շփման գործակցի կրկնակի մեծացման պայմաններում մետաղական հակամարմնի շփման մակերեսին շփանյութափոխանցված թաղանթը վերանում է:

5. Բացահայտվել է, որ բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ արգելակային կոմպոզիտային շփանյութերում լայն տարածում գտած ամրանային լցուկների տրոհման գործընթացները էկզոջերմային են և սկսվում են հիմնականում 550°C-ից բարձրջերմաստիճանային պայմաններում: Արդյունքում՝ հնարավորություն է ստեղծվում բարձրացնելու շփանյութերի ջերմակայունությունը և շփամաշվածքային բնութագրերը բարձր ջերմաստիճաններում, դրանց բաղադրակազմերում օգտագործելով այնպիսի նպատակային լցուկներ, որոնց տրոհման ջերմաստիճանները գտնվում են 550°C-ից մինչև 850°C ջերմաստիճանային տիրույթում, և տրոհման գործընթացները էնդոջերմային բնույթի են:

6. Բացահայտվել է, որ կալցիումի կարբոնատի ուժգին տրոհումը սկսվում է մոտավորապես 750°C-ից և ավարտվում 900°C-ում: Այն էնդոջերմային բնույթի է: Տեղի է ունենում մոտ 40% զանգվածի կորուստ, ինչը պայմանավորված է տրոհման ընթացքում օքսիդների առաջացմամբ: Շփանյութերի բաղադրակազմերում կալցիումի կարբոնատի օգտագործման դեպքում՝ 750°C-ից բարձր ջերմաստիճաններում շփման պայմաններում, երբ տեղի է ունենում կապակցող նյութի և ամրանային տարրի տրոհում, անջատված ջերմության լրացուցիչ քանակությունը կլանում է կալցիումի կարբոնատը: Ցույց է տրված, որ մարմարի փոշու օգտագործումն արգելակային շփանյութերում ապահովում է շփման գործակիցների բարձր և կայուն արժեքներ՝ շնորհիվ մարմարի փոշով շփանյութերի բաղադրակազմերի ամրանային տարրերի տրոհման գործընթացներում անջատված ջերմության լրացուցիչ քանակի կլանման:

7. Մշակվել են Բաստենիտ-9 անվամբ արգելակային բազմաբաղադրիչ նոր նյութերի կիրառմամբ պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ արգելակային ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութ և դրա ստացման տեխնոլոգիան, որոնք որպես գիտական նորույթ ամրագրվել են ՀՀ գյուտի արտոնագրով: Ուսումնասիրվել է կառուցվածքագոյացման մեխանիզմը, համաձայն որի՝ թելքերը, նյութին տալով բարձր ամրություն, աշխատում են որպես ինքնուրույն

լցանյութեր՝ քիմիական կապի մեջ չգտնվելով կապակցող պոլիմերի հետ, միաժամանակ բարձրացնելով կոմպոզիտի շփական հատկությունները: Ցույց է տրվել, որ Բաստենիտ-9 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:

Հիմնավորվել են Բաստենիտ-9 տիպի շփանյութի կիրառման ոլորտները և պատրաստման տեխնոլոգիական սկզբունքները: Առաջարկվող նյութի ներդրումը Lada (BA3) 2113 (Samara2) մակնիշի ավտոմեքենաների սկավառակային արգելակների կոճղակներում՝ տարեկան 12000 կոմպլեկտ արտադրության պայմաններում, ապահովում է 7,11 մլն դրամ տնտեսական արդյունավետություն:

### **Ատենախոսության հիմնական արդյունքները հրատարակված են հետևյալ աշխատանքներում՝**

1. **Պողոսյան Ա.Կ., Մելիքսեթյան Ն. Գ., Մելիքսեթյան, Գ. Ն.** Շփական բաղադրանյութ // ՀՀ Գյուտի արտոնագիր № 2909A, ԱՐԴՅՈՒՆԱԲԵՐԱԿԱՆ ՍԵՓԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ.- Պաշտ. Տեղ. №1, Երևան, 2015:

2. **Погосян А.К., Меликсетян Н. Г., Меликсетян Г. Н.** Механизм разрушения поверхностных слоев фрикционных тормозных материалов //Тез. докл. межд. науч. конф. Современные проблемы механики деформируемого твердого тела, дифференциальных и интегральных уравнений.-Одесса, 2013.- С.105-106.

3. **Պողոսյան Ա.Կ., Մելիքսեթյան Ն.Գ. Մելիքսեթյան Գ.Ն.** Արգելակային շփանյութերի հատկությունների վրա ջերմային ռեժիմի ազդեցության հետազոտումը. ՀՊՃՀ (Պոլիտեխնիկ) ԼՐԱԲԵՐ. Գիտական հոդվածների ժողովածու.- մաս 2. - Երևան, 2014.-էջ 450-456:

4. **Меликсетян Н. Г., Овсепян Г. С., Карапетян Г. А., Меликсетян Г. Н., Галстян А. Ж.** Базальтополимерные фрикционные материалы // Материалы 4-й межд. науч.-практ. Конф. Современные материалы, техника и технология.- РФ Курск, 2014.- С.280-286.

5. **Меликсетян Н.Г., Меликсетян Г. Н.** Возможности использования фрикционных безасбестовых материалов Бастенит в тормозах грузового железнодорожного транспорта // IV International Conference TOPICAL PROBLEMS OF CONTINUUM MECHANICS.- Yrevan, 2015.- p.272-276.

6. **Меликсетян Н. Г., Меликсетян Г. Н., Карапетян А.Н.** Разрушение поверхностных слоев фрикционных композитов при высоких температурах. Вестник НПУА.-Серия Металлургия, материаловедение, недропользование.-Ереван, 2015.- N1.- С. 68-74.

7. **Մելիքսեթյան Գ.Ն.** Արգելակային շփանյութերի զարգացման հիմնական ուղղությունները. Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի Լրաբեր. Գիտական հոդվածների ժողովածու մաս 2.- Երևան, 2016. -էջ 622-628:

8. **Агбалян С.Г., Меликсетян Г.Н.** Новый фрикционный материал для барабанных тормозов большегрузных автомобилей. Вестник НПУА.-Серия Metallургия, материаловедение, недропользование.-Ереван, 2016.- № 1.- С. 42-47.

9. **Агбалян С.Г., Меликсетян Г.Н.** Исследование работоспособности тормозного фрикционного композита, изготовленного из многокомпонентных материалов. Вестник НПУА.-Серия Metallургия, материаловедение, недропользование.-Ереван, 2017.- № 1.- С. 26-33.

10. **Меликсетян Н.Г., Агбалян С.Г., Меликсетян Г.Н., Карапетян А. Н.** Физическое моделирование высокотемпературного трения тормозных фрикционных материалов. Вестник НПУА.-Серия Механика, машиноведение, машиностроение.- Ереван, 2017.- N, 1.- С. 92-100.

11. **Меликсетян Н.Г., Агбалян С.Г., Меликсетян Г.Н.** Фрикционный перенос при трении безасбестовых тормозных материалов//Сб. труд. XXIV межд. научно-техн. конф. «Машиностроение и техносфера XXI века».- Донецк. 2017.- С.160-164.

12. **Меликсетян Г.Н.** Тормозной фрикционный материал с многокомпонентными минералами // Сб. труд. межд. научно-практ. конф. «Наука - общество - технологии - 2017».- Москва 2017.- С. 215-218.

13. **Меликсетян Г.Н.** Технология изготовления тормозных колодок из фрикционных композитов Бастенит-9. Вестник НПУА.-Серия Metallургия, материаловедение, недропользование.-Ереван, 2017.- № 2.- С. 49-57.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЗАСБЕСТОВЫХ  
ТОРМОЗНЫХ ТЕПЛОСТОЙКИХ ФРИКЦИОННЫХ КОМПОЗИТОВ С  
ПРИМЕНЕНИЕМ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Р Е З Ю М Е**

Организация производства с использованием местного сырья стала жизненно важным требованием в экономике Республики Армения. Этим обусловлена тема данной диссертации, посвященной разработке технологии производства и исследования структурообразования безасбестовых тормозных теплостойких композиционных фрикционных материалов с использованием отходов многокомпонентных армянских минералов.

Разработана методика исследования, выбраны исходные материалы, лабораторными и стендовыми испытаниями исследованы безасбестовые фрикционные тормозные материалы РФ и ведущих европейских фирм.

Анализ результатов испытаний безасбестовых материалов подтверждает, что воздействие теплового режима на коэффициент трения (замедления) выражается тремя зонами: 1) зона повышения коэффициента трения (до 280°C), 2) зона уменьшения коэффициента трения (от 280°C до 400°C), 3) зона повторного повышения коэффициента трения (выше 400°C).

Показано, что до 325°C происходит уменьшение прочности поверхностного слоя и низкомолекулярный весовой пиролиз летучих продуктов композиций, до 450 °C - разрушение связующего, до 725°C имеет место разложение армирующего элемента, а выше 725°C наблюдается карбонизация поверхности. Механохимические процессы сопровождаются выделением теплоты, что преобладает при высоких температурах и оказывает значительное влияние на уменьшение коэффициента трения и повышение интенсивности износа.

Изучение процесса создания термостойких композиционных фрикционных материалов с многокомпонентными материалами методом алгоритма проектирования фрикционных материалов позволяет выявить динамику и закономерности основных процессов механохимических превращений, происходящих в поверхностных слоях при температурных зонах перехода от умеренного к интенсивному изнашиванию материалов.

Выявлено, что при температурах 250°C до 400°C существует прямая корреляция между трибологическими свойствами фрикционных материалов и механохимическими превращениями.

Показано, что в процессе разработки новых безасбестовых теплостойких фрикционных материалов путем выбора связующих, армирующих элементов и целевых добавок следует температурную зону перехода от умеренного к интенсивному изнашиванию перемещать в область более высоких температур, ориентируясь на повышение работоспособности. При разработке теплостойких фрикционных материалов следует применять компоненты, способные образовать пленки фрикционного переноса в условиях сравнительно высоких температур.

Разработана физическая модель высокотемпературного изнашивания многокомпонентных тормозных фрикционных материалов.

Впервые разработаны новый экологически безопасный безасбестовый композиционный фрикционный материал Бастенит-9 и технология его производства, новизна которого подтверждена а.с. РА на изобретения.

Подтверждено, что композиционный материал Бастенит-9 обладает более высокой и стабильной эффективностью торможения и по характеристикам отвечает требованиям стандарта N13 Европейского Экономического Комитета. Рекомендуется применять его для изготовления фрикционных накладок дисковых тормозов пассажирских и грузовых автомобилей.

Выполнено технико-экономическое обоснование разработанной технологии.

Основные результаты диссертации опубликованы в одном патенте на изобретение и в 12 научных работах, три из которых без соавторов.

**MELIKSEYAN Galust Norik**

**DEVELOPMENT OF PRODUCTION TECHNOLOGY OF ASBESTOS-FREE BRAKE  
HEAT-RESISTANT FRICTION COMPOSITES WITH THE APPLICATION OF  
MULTICOMPONENT MATERIALS**

**SUMMARY**

The organization of production with the use of local raw materials has become a vital requirement in the economy of the Republic of Armenia. Due to this, the thesis is devoted to the development of production technology and to the study of the structure formation of asbestos-free braking heat-resistant composite friction materials using waste from multicomponent Armenian minerals.

The research method is developed, the initial materials are chosen, and asbestos-free friction brake materials of the Russian Federation and leading European companies are investigated by laboratory and bench tests.

Analysis of the results of tests of asbestos-free materials confirms that the effect of the thermal regime on the coefficient of friction (retardation) is expressed by three zones:

1. Zone of the increase in friction coefficient (up to 280°C),
2. Friction coefficient reduction zone (from 280°C to 400°C),
3. Zone of re-increasing the coefficient of friction (above 400°C).

It is disclosed when up to 325°C there is a decrease in the strength of the surface layer and the low-molecular weight pyrolysis of volatile products of the compositions, when up to 450°C, the binder is destroyed, when up to 725°C the decomposition of the reinforcing element takes place and the carbonization of the surface is observed when above 725°C. Mechanochemical processes are accompanied by the release of heat, which predominates at high temperatures and has a significant effect on the reduction of friction coefficient and the increase in the intensity of wear.

The study of the process of creating heat-resistant composite friction materials with multicomponent materials by the method of the design of friction materials

makes it possible to reveal the dynamics and regularities of the main processes of mechanochemical transformations occurring in the surface layers under the temperature zones of transition from moderate to intensive wear.

It is revealed that at temperatures from 250°C to 400°C there is a direct correlation between the tribological properties of friction materials and mechanochemical transformations.

It is shown that during the development of new asbestos-free heat-resistant frictional materials by selecting binders, reinforcing elements and target additives, the temperature zone of transition from moderate to intensive wear should be moved to the higher temperatures, focusing on improving efficiency. When developing heat-resistant friction materials, it is necessary to use components capable of forming frictional transfer films at relatively high temperatures.

The physical model of high-temperature wear of multicomponent brake friction materials has been developed.

The new ecologically safe asbestos-free composite friction material Bastenite-9 and the technology of its production are developed, the novelty of which is confirmed by author's certificate of the Republic of Armenia for inventions.

It is confirmed that the composite material Bastenite-9 has a higher and stable braking performance and meets the requirements of the standard 13 of the European Economic Committee. It is recommended to use it for the production of friction linings for disc brakes for passenger and freight vehicles.

The technical and economic substantiation of the developed technology is carried out.

The main results of the thesis are published in the one patent for invention and in 13 scientific works, three of which are with no co-author.

A handwritten signature in dark ink, appearing to be 'V. G. G...' with a stylized flourish underneath.

