

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

Գալուստ Նորիկի ՄԵԼԻՔՍԵԹՅԱՆ

ԲԱԶՄԱԲԱՂԱԴՐԻՉ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՄԲ ԱՍԲԵՍՏԱԶԵՐԾ
ԱՐԳԵԼԱԿԱՅԻՆ ԶԵՐՄԱԿԱՅՈՒՆ ԿՈՄՊՈԶԻՏԱՅԻՆ ՇՓԱՆՅՈՒԹԵՐԻ
ՍՏԱՑՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ

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

Ա Տ Ե Ն Ա Խ Ո Ս ՈՒ Թ Յ ՈՒ Ն

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

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Ներածություն.....	4
1. ԱՍԲԵՍՏԱԶԵՐԾ ԱՐԳԵԼԱԿԱՅԻՆ ԿՈՄՊՈԶԻՏԱՅԻՆ ՇՓԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ ԱՎՏՈՄՈՐԻԼԱՅԻՆ ԱՐԳԵԼԱԿՆԵՐՈՒՄ.....	9
1.1. Արգելակային կոմպոզիտային շփանյութերի շփման և մաշման գործընթացի տեսական հիմունքները.....	9
1.2. Ավտոմոբիլային արգելակների շփանյութերի շահագործման պայմանները և աշխատունակության չափանիշները.....	17
1.3. Կոմպոզիտային նյութերի օգտագործումը ավտոմոբիլային արգելակային ներդիրներում.....	25
ԵԶՐԱԿԱՅՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՀԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ԽՆԴՐԻ ԴՐՎԱԾՔԸ.....	31
2. ԵԼԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ԸՆՏՐՈՒՄԸ, ՓՈՐՁԱԳԻՏԱԿԱՆ ՍԱՐՔԱՎՈՐՈՒՄՆԵՐԸ ԵՎ ՀԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻԿԱՆ.....	34
2.1. Ելանյութերի ընտրումը և դրանց բնութագրերը.....	34
2.2. Փորձագիտական հետազոտությունների սարքավորումները և հետազոտման մեթոդիկան.....	39
ԵԶՐԱԿԱՅՈՒԹՅՈՒՆ.....	49
3. ԲԱԶՄԱԲԱՂԱԴՐԻՉ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՄԲ ԱՍԲԵՍՏԱԶԵՐԾ ԱՐԳԵԼԱԿԱՅԻՆ ԶԵՐՄԱԿԱՅՈՒՆ ԿՈՄՊՈԶԻՏԱՅԻՆ ՇՓԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՅԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ.....	50
3.1. Շփման գործակցի կախվածությունը շահագործման բնութագրերից.....	50
3.2. Արգելակային ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի մաշակայունության գնահատման սկզբունքների մշակումը.....	55
3.3. Բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի մշակման գործընթացի հետազոտումը.....	60
3.4. Ասբեստազերծ ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի մաշման և շփման գործընթացի հետազոտումը բարձր ջերմաստիճաններում.....	71

3.5. Արգելակային շփանյութերի մակերևութային շերտի քայքայման մեխանիզմը և կինետիկան.....	81
ԵԶՐԱԿԱՅՈՒԹՅՈՒՆ.....	85
4. ԲԱԶՄԱԲԱՂԱԴՐԻՉ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՄԲ ԱՍԲԵՍՏԱԶԵՐԾ ԱՐԳԵԼԱԿԱՅԻՆ ԶԵՐՄԱԿԱՅՈՒՆ ԿՈՄՊՈԶԻՏԱՅԻՆ ՇՓԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ ԵՎ ՏԵԽՆԻԿԱՏՆՏԵՍԱԳԻՏԱԿԱՆ ՀԻՄՆԱՎՈՐՈՒՄԸ.....	88
4.1. Բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ արգելակային ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի մշակման գործընթացի հետազոտումը.....	88
4.2. Առաջարկվող շփանյութերից արգելակային ներդիրների պատրաստման տեխնոլոգիայի մշակումը, սարքավորումների ընտրումը և հիմնավորումը.....	98
4.3. Բաստենիտ-9 շփանյութի շփագիտական հատկությունների ուսումնասիրումը.....	106
4.4 . Առաջարկվող շփանյութերի անվանացանկի ընտրումը, տեխնիկատնտեսագիտական հիմնավորումը և ներդրումից ստացված տնտեսական շահույթի հաշվարկը.....	117
ԵԶՐԱԿԱՅՈՒԹՅՈՒՆ.....	122
ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐ ԵՎ ԵԶՐԱԿԱՅՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ.....	125
ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ	128
ՀԱՎԵԼՎԱԾ.....	140

Ն Ե Ր Ա Ծ ՈՒ Թ Յ ՈՒ Ն

Ժամանակակից մեքենաների արգելակային մեխանիզմների շփական ներդիրները, չկորցնելով իրենց շփագիտական հատկությունները և չառաջացնելով այլ տարրերի աշխատունակության անկում, կարճ ժամանակահատվածում մեխանիկական էներգիայի մեծ մասը վերափոխում են ջերմության: Այն փոխանցում են արգելակային հանգույցի տարրերին և շրջակա միջավայրին: Արգելակային մեխանիզմների գլխավոր խնդիրը մեքենայի արգելակման ընթացքում շփման ուժի անհրաժեշտ մեծության և կայունության ապահովումն է:

Տարեկան արտադրվում են միլիոնավոր տոննաներով արգելակային շփանյութեր, որոնք օգտագործվում են ավտոմոբիլների, երկաթուղային տրանսպորտի, վերամբարձ փոխադրիչ մեքենաների և այլ նշանակությամբ սարքավորումների արգելակային հանգույցներում: Երթևեկության ուժգնացումը, շարժական մեքենամասերի իներցիոն զանգվածների և արագությունների մեծացումը, բեռնափոխադրումների ծավալի աճը և շրջակա միջավայրի բնապահպանական անվտանգության ապահովումը ստիպում են անընդհատ վերանայել միջազգային և պետական ստանդարտներով ամրագրված արգելակային հանգույցների տեխնիկական բնութագրերը: Արդյունքում՝ շփական նյութերին նոր և ավելի խիստ պահանջներ են ներկայացվում: Դրա հետևանքով օգտագործվող շփանյութերը ոչ միշտ են ապահովում շահագործման հարաճուն պահանջները:

Ավտոմոբիլային և երկաթուղային տրանսպորտի տեսակարար կշիռը շրջակա միջավայրի աղտոտման ընդհանուր ծավալում շեշտակի աճում է և վերջին տարիներին կազմում է ընդհանուր աղտոտման գրեթե 55 տոկոսը: Մեծ քաղաքների կենտրոնական փողոցներում, տրանսպորտային մայրուղիների խաչմերուկներում, երկաթուղային կայարանների մերձակա տարածքներում գրանցված են վնասակար արտանետումների այնպիսի քանակություններ, որոնք գերազանցում են թույլատրելի նորմերը 12 և ավելի անգամ:

Գոյություն ունեցող արգելակային հանգույցների համար առաջատար ֆիրմաները մշակում և արտադրում են շփանյութերի մեծ տեսականի: Որպես ամրանավորող

բաղադրիչ նախկինում օգտագործվում էր ասբեստային մանրաթելը, որի հիման վրա շփական նյութերը դասակարգվել են որպես շփական ասբոպոլիմերային նյութեր: Սակայն 1980-ական թվականներին ասբեստային իրեր արտադրողները ստիպված էին հաշվի նստել հասարակական կարծիքի հետ, որը պահանջում էր արգելակային շփանյութերի բաղադրակազմերից հանել վնասակար ասբեստաթելը: Անցումն ասբեստազերծ շփական նյութերին բացատրվում է մարդու առողջության համար ասբեստի վնասակարությամբ: Այդ պատճառով, համաձայն ՄԱԿ-ին առընթեր գործող Եվրոպական տնտեսական խորհրդի որոշումների՝ 1988թ. հունվարի 1-ից կտրականապես արգելված է ասբեստային մանրաթելի օգտագործումը շփական արգելակային նյութերի բաղադրակազմերում:

Շփական ասբեստազերծ նյութեր մշակող հայտնի ֆիրմաներից են Ferodo Lid-ը (Մեծ Բրիտանիա), Բյուդալսը (Շվեյցարիա), Տեքստարը (Գերմանիա), Վալեոն (Ֆրանսիա), Նիհիմենը (Ճապոնիա), Ֆրենդո Աբեկսը (Իտալիա), Ֆրիտեքսը և ՏԻԻՐ-ը (ՌԴ): Առաջնակարգ ընկերություններն օգտագործում են բամբակե, ապակե, բնածխի, ֆենոլային, պողպատյա, կերամիկական ամրացնող թելքեր որպես ասբեստին փոխարինողներ, ինչպես նաև վոլաստանիտ և այլ սինթետիկ նյութեր: Սակայն շփական ասբեստազերծ արգելակային շփանյութերն ունեն մեկ ընդհանուր թերություն՝ բարձր ինքնարժեք:

Ասբեստազերծ և էկոլոգիապես մաքուր շփական նյութերի ստեղծումը՝ որպես պետականորեն կարևոր նշանակության հարց, գիտատեխնիկական առաջընթացի պայմաններում դարձել է ժամանակակից շփական նյութագիտության կարևոր նշանակություն ունեցող և արդիական խնդիրներից մեկը: Այդ հարցի իրականացման ճանապարհին անհրաժեշտ է լուծել մի շարք համալիր խնդիրներ՝ կապված կապակցող նյութերի ու լցուկների տիպերի և քանակության որոշման, արտադրական սարքավորումների ընտրության, ռեսուրսների խնայողաբար օգտագործմամբ տեխնոլոգիաների մշակման, շփական հանգույցների հաշվարկման և նախագծման հետ: Խնդիրները բավականին բարդ են, և դրանց լուծումներն անբաժանելիորեն կապված են շփագիտության բնագավառների հետ:

Նյութագիտության ոլորտի վերջին տարիների հիմնարար հետազոտությունների արդյունքների վերլուծությունները ցույց են տալիս, որ նոր շփանյութերի մշակման բնագավառում հանքաքարերից ստացված թափոնները և դրանց փոշիները ունենալով յուրատեսակ բազմազան հատկություններ, կարող են հանդես գալ որպես էժանագին հումք պոլիմերային կոմպոզիտային շփանյութերի մշակման համար, հիմնավորապես փոփոխելով սկզբնական նյութի շահագործողական բնութագրերն ու հատկությունները:

Վերը նշված հիմնախնդիրը պետական նշանակության կարևորություն ունի Հայաստանի Հանրապետության համար, քանի որ կենսական պահանջ են դարձել տեղական հումքի օգտագործմամբ արտադրության կազմակերպումը և արտադրանքի արտահանումը: Հայաստանի հանքաքարերի թափոնների և փոշիների օգտագործումը կնպաստի ցածր ինքնարժեքով արտադրանքի ստացմանը և շրջակա միջավայրի բնապահպանական անվտանգության ապահովմանը: Բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ արգելակային ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի օգտագործման հնարավորությունը հիմք է տալիս պնդելու, որ էկոլոգիապես անվտանգ շփանյութերի արտադրության կազմակերպումը ՀՀ-ում արդյունավետ է ինչպես տնտեսական, այնպես էլ բնապահպանական տեսանկյուններից և կարող է ապահովել մեր հանրապետության առաջնայնությունը ոչ միայն տարածաշրջանում, այլև դրա սահմաններից դուրս:

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:

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:

Աշխատանքում հետազոտվել է ՀՀ ավտոպահեստամասերի շուկայում լայն տարածում գտած արգելակային կոմպոզիտային շփանյութերի վրա ջերմաստիճանային ռեժիմի ազդեցությունը, բացահայտվել են դրանց մաշման ֆիզիկական մոդելը և մեխանիզմները բարձրջերմաստիճանային շփման պայմաններում:

Հետազոտությունների արդյունքում ՀՀ բազմաբաղադրիչ հանքաքարերի թափոններից ստացված թելքերի և փոշիների կիրառմամբ ստեղծվել է նոր, բարձր ջերմաստիճաններում աշխատունակ, ասբեստազերծ արգելակային կոմպոզիտային Բաստենիտ-9 շփանյութը (ՀՀ Գյուտի արտոնագիր N 2909A, 2015թ), որը ներառում է ջերմառեակտիվ կապակցանյութեր՝ ֆենոլֆորմալդեհիդային խեժ և բուտադիեն-նիտրիլային կաուչուկ, թելքավոր միներալային լցանյութեր՝ ապակեթելք և բազալտաթելք, անօրգանական լցանյութեր՝ բարիտային խտանյութ, տիտանի երկօքսիդ և շփման ու մաշման կարգավորիչ՝ գրաֆիտ: Նոր շփանյութը մյուսներից տարբերվում է նրանով, որ անօրգանական լցանյութը լրացուցիչ ներառում է հեղուկ ապակի և մարմարի փոշի, իսկ որպես շփման և մաշման կարգավորիչ՝ նատրիումի տետրաբորատ բաղադրամասերի հետևյալ հարաբերակցությամբ՝ զանգվ. % ֆենոլֆորմալդեհիդային խեժ՝ 11,0-16,0, բուտադիեն-նիտրիլային կաուչուկ՝ 1,0-7,0, ապակեթելք՝ 11,0-13,0, բազալտաթելք՝ 20- 24, բարիտային խտանյութ՝ 22,0-30,0, տիտանի երկօքսիդ՝ 2,0-5,0, հեղուկ ապակի՝ 2,0-4,0, մարմարի փոշի՝ 2,0-5,0, գրաֆիտ՝ 6,0-8,0 և նատրիումի տետրաբորատ՝ 4,0-7,0:

Բաստենիտ-9 արգելակային շփանյութն իր շփագիտական հատկություններով

ցուցաբերում է արգելակային ավելի բարձր ու կայուն արդյունավետություն և բնութագրերով բավարարում է Եվրոպական տնտեսական խորհրդի թիվ 13 ստանդարտի պահանջները: Մշակված է Բաստենիտ-9 շփանյութից Lada (BA3) 2113 (Samara2) մակնիշի ավտոմեքենայի սկավառակային արգելակի շփական ներդիրների պատրաստման տեխնոլոգիա: Առաջարկվել է այն կիրառել մարդատար և բեռնատար ավտոմեքենաների սկավառակային արգելակների շփական ներդիրների պատրաստման համար, ինչպես նաև ներկայացվել է ստենդային փորձարկումների՝ ըստ ТМ № 02-001-91 ВНИИЖТ մեթոդիկայի ԱՊՀ երկրների երկաթուղային շարժակազմի վագոնների արգելակային ներդիրների հավաստագրման լաբորատորիայում (ՌԴ, Մոսկվա, ВНИИЖТ):

1. ԱՄԲԵՍՏԱԶԵՐԾ ԱՐԳԵԼԱԿԱՅԻՆ ԿՈՄՊՈԶԻՏԱՅԻՆ ՇՓԱՆՅՈՒԹԵՐԻ
ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ ԱՎՏՈՄՈԲԻԼԱՅԻՆ ԱՐԳԵԼԱԿՆԵՐՈՒՄ

1.1. Արգելակային կոմպոզիտային շփանյութերի շփման
և մաշման գործընթացի տեսական հիմունքները

Արգելակային շփազույգի տարրերի (մետաղական սկավառակ կամ թմբուկ – շփական ներդիր) աշխատունակության և հուսալիության գնահատման համար շփական փոխազդեցության գործընթացներն ունեն գերակա ազդեցություն [1-5]: Նյութագիտության և շփագիտության ոլորտի առաջատար գիտնականների հիմնարար հետազոտությունների արդյունքները հաստատում են, որ շփման մեջ գտնվող տարրերի շփական փոխազդեցությունը բազմաբնույթ և բազմաֆունկցիոնալ համալիր գործընթաց է, պայմանավորված շփազույգի տարրերի միկրոմակերևութային շերտերի փոխազդեցությամբ: Արտաքին բեռնավորման, ջերմաստիճանի, սահքի արագության և այլ բազմաթիվ գործոնների ազդեցությամբ այն ուղեկցվում է մակերևույթների ջերմաֆիզիկական, կառուցվածքային, ֆիզիկամեխանիկական և այլ հատկությունների փոփոխությամբ [6, 7]:

Արգելակային շփազույգի աշխատունակության գնահատման նպատակով շփման և մաշման հայտնի տեսությունների օգտագործման պարագայում անհրաժեշտ է հաշվի առնել պոլիմերային հիմքով բազմաբաղադրիչ կոմպոզիտային շփանյութերի առանձնահատկությունները՝ ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների շեշտակի կախվածությունը արտաքին բեռնվածքի ազդման ժամանակահատվածից և ջերմաստիճանից, շփման արագությունից, կապակցող նյութերի մոլեկուլային վիճակից և այլն [8, 9]: Բացի դրանից, պոլիմերային հիմքով բազմաբաղադրիչ կոմպոզիտային նյութերի շփման ընթացքում լցուկները լուրջ ազդեցությունն են ունենում շփման և մաշման գործընթացների վրա: Դրանք փոփոխում են մետաղական հակամարմնի շփման մակերեսի պարամետրերը, նպաստում են շփական նյութափոխանցման գործընթացներին, որոշակի պայմաններում առաջացնում են քիմիական ռեակցիաներ, ֆիզիկական և քիմիական ադսորբում, դիֆուզիա, օքսիդացում և նոր, ավելի կայուն միացությունների առաջացում [10-12]:

Արգելակային կոմպոզիտային շփանյութերի շահագործման փորձը ցույց է տալիս, որ շփագիտական հարցերի ուսումնասիրության տեսանկյունից առավել արդյունավետ է պոլիմերային նյութերի փոխազդեցության ֆիզիկա-քիմիական մեխանիկայի հիմնական դրույթների կիրառումը: Սակայն շփահպակում տեղի ունեցող բարդ փոխակերպումները դեռևս հնարավոր չէ հաշվի առնել ամբողջությամբ և համարժեք ձևով: Բազմաթիվ հետազոտություններ բացահայտում են, որ առկա է շփական փոխազդեցության երկու հիմնական տեսակ՝ շփանյութերի մակերևութային շերտերի դեֆորմացիա և ադիեզիա [13-18]:

Շփագիտության բնագավառի բազմաթիվ հետազոտությունների արդյունքները, առաջատար գիտնականների կարծիքները և տեսական մշակումների համապատասխանությունը գործնական տվյալների բազայի հետ հնարավորություն են տալիս առանձնացնելու կոմպոզիտային շփանյութերի շփման և մաշման գործընթացների նկարագրման հիմնական տեսական սկզբունքները (աղ.1.1) [10]:

Շփման տեսություններ: Շփման տեսությունների վերլուծությունները հիմք են տալիս եզրակացնելու, որ շփման գործընթացների նկարագրման տեսական կախվածություններն ունեն բինոմային տեսք [17, 19]: Վերջինս արտացոլում և հաստատում է շփման երկակի բնույթը՝ շփում, որը պայմանավորված է մոլեկուլային մակարդակում տեղի ունեցող գործընթացներով (մոլեկուլային կամ ադիեզիոն բաղադրիչ), և շփում, որն արտահայտվում է հպման մեջ գտնվող տարրերի մակրոմակերևութային գործընթացներով (մեխանիկական բաղադրիչ):

Աղ. 1.1-ում ներկայացված շփման տեսությունները հիմնվելով փորձագիտական հետազոտությունների արդյունքների վրա, շփման ֆիզիկան բացատրում են նշված երկու բաղադրիչներից որևէ մեկի գերակայությամբ:

Ռուս գիտնական Ի.Վ. Կրագելսկու կողմից մշակված շփման մոլեկուլային մեխանիկական տեսությունն առավել ընդգրկուն է բացատրում շփման ֆիզիկան: Ըստ այդ տեսության՝ շփումն ունի երկակի բնույթ, պայմանավորված է ներգիայի ցրման երկու կենտրոնների առկայությամբ [17]: Առաջին կենտրոնը պայմանավորված է շփման մեջ գտնվող տարրերի մակերևութային շերտերի անդառնալի

ձևափոխումներով՝ պլաստիկ դեֆորմացումների դեպքում, և հիստերեզիսային կորուստներով՝ առաձգական դեֆորմացումների դեպքում: Դա որոշում է շփման ուժի մեխանիկական բաղադրիչը: Երկրորդ կենտրոնը պայմանավորված է շփահպակում մոլեկուլային փոխազդեցության հետևանքով առաջացած դիմադրությունների հաղթահարմամբ, ինչը որոշում է շփման ուժի մոլեկուլային բաղադրիչը:

Աղյուսակ 1.1

Շփման և մաշման հիմնական տեսական սկզբունքները

Տեսություն	Հաշվարկային կախվածություն	Գրականություն
Շփման տեսություններ		
Ադիեզիոն	$F_{\text{ադր}} = A_r \tau$; $\tau = \tau_0 + \beta P_r$ $f = \frac{\hbar \cdot (\epsilon_{10} - \epsilon_{30}) \cdot \omega_1}{16 \cdot \ell^3 \cdot \sqrt{2\pi(\epsilon_{10} - \epsilon_{30})}}$ $f = \tau / H_y$	[9]
Դեֆորմացման	$F_{\text{աեֆ}} = \alpha \cdot \Phi$ $\Phi = 0.17 \cdot N^{4/3} R^{-2/3} (1 - \nu^2)^{1/3} E^{-1/3}$	[17, 20, 21, 22]
Մոլեկուլային	$F = f(N + PA_r)$	[17, 23]
Մոլեկուլային-մեխանիկական	$F = CA_r + BN$ $f = \tau_0 / P_r + \beta + K\alpha_r (h/R)^{1/2}$	[17, 24]
Էներգետիկական	$f = \tau(P_r + 2W_{\text{ադր}} - \cos\theta) / P_r P_t$	[25]
Մաշման տեսություններ		
Հոգնածային	$I_h = K_o P_a (\tau_0 / \alpha_r)^{1/2} E^{1/2-1} (K' f / \sigma_o)^t$, $I_h \sim \sigma^{-1} R^{-2t/3}$	[17]
Էներգետիկական	$V = \bar{\epsilon}_b \cdot n / e_R^* \cdot [\zeta_R \cdot (n-1) + 1]$	[25]
Աբրազիվային	$I_h \sim kP/H$ $I_h \sim f/H \sigma_b \bar{\delta}_o$	[8]
Էրոզիոն	$I_{\text{օր}} = 3V \cdot \rho_s / 4\pi R^3 \cdot \rho_r \cdot q$	[8]
Ադիեզիոն (շփական նյութափոխանցմամբ)	$V = kNL/H$, $V = kNv/t_T$ $V = k\gamma^{1,8} \cdot P^{1,5} \cdot L^{1,3} / E^{3,2}$	[26-29]
Շերտատումով	$V = N'Ah'/S_o$	[30]

Այդ տեսությունում շփման գործընթացի քանակական նկարագրության համար հիմնական բնութագրերն են շփահպակի փաստացի մակերեսը, միջին լարումը, հպակցվող տարրերից ցածր կոշտություն ունեցող տարրի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները (մեխանիկական բաղադրիչ) և հպվող մակերևույթների միկրովիճակը (մոլեկուլային կամ ադիեզիոն բաղադրիչ) [17]: Որոշ հեղինակներ նշում

են շփման ուժի մոլեկուլային բաղադրիչի գերակայությունը [8, 9]: Սակայն առաձգական հպման դեպքում շփման ուժի մոլեկուլային և մեխանիկական բաղադրիչների հարաբերակցությունը տատանվում է մեծ միջակայքերում, և հնարավոր է քանակապես գնահատել շփումը՝ հենվելով միայն մոլեկուլային բաղադրիչի վրա: Ըստ Ի.Վ. Կրազելսկու հետազոտությունների՝ պոլիմերային նյութերի շփման դեպքում տատանման տիրույթը կազմում է 2...3՝ ճկուն պոլիմերների դեպքում, և մինչև 10...15՝ կոշտ պոլիմերների դեպքում, ինչը հնարավորություն է տալիս շփման ֆիզիկական բացատրել՝ հենվելով շփման ուժի մոլեկուլային բաղադրիչի վրա:

Ժամանակակից գիտատեխնիկական գրականության վերլուծությունը, միջազգային գիտաժողովներում ներկայացված հետազոտությունների արդյունքները և արգելակային շփանյութեր արտադրողների փորձագիտական հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ արգելակային կոմպոզիտային շփանյութերի շփման գործընթացի տեսական հիմունքները մշակվում են՝ հիմնականում հենվելով շփման մոլեկուլային մեխանիկական տեսության դրույթների հիման վրա:

Մաշման տեսություններ: Բազմաթիվ հետազոտություններ բացահայտում են, որ պոլիմերային հիմքով շփանյութերի մաշումը բավականին բարդ ֆիզիկական գործընթաց է, որի ընթացքում միշտ մաշման մի մեխանիզմը փոխարինվում է մեկ այլ մեխանիզմով, կամ միաժամանակ գործում են մի քանի մեխանիզմներ, կախված բեռնավորման ռեժիմներից, ջերմաստիճանային պայմաններից, շփահպակի ճնշումից, շփման արագությունից և այլ բազմաթիվ գործոններից [31-34]:

Պոլիմերային հիմքով կոմպոզիտային նյութերի մաշման մեխանիզմները հիմնականում խմբավորված են հետևյալ դասակարգմամբ՝ 1) ադիեզիոն մաշում, 2) հոգնաձային մաշում, 3) աբրազիվային մաշում, 4) մաշում շերտատմամբ, 5) էրոզիոն մաշում, 6) ջերմային մաշում: Սրանցից յուրաքանչյուրի առկայությունը կախված է շփահանգույցի կառուցվածքից, շահագործման պայմաններից, բեռնավորումներից, սահքի արագություններից, ջերմաստիճանային ռեժիմներից և այլ գործոններից:

Արգելակային շփահանգույցների շահագործման փորձը ցույց է տալիս, որ ոչ կայուն և ոչ հաստատված ջերմաստիճանային ռեժիմում աշխատող շփանյութերի

մաշման մեխանիզմները հիմնականում կախված են շփման մակերևութային ջերմաստիճանից: Մաշման ֆիզիկայի բացատրությունն այդ պայմաններում բարդ է, և որպես հետևանք դեռևս մշակված չեն մաշման քանակական գնահատման համակողմանի հավասարումներ:

Սովորաբար, կախված բեռնավորման ռեժիմներից, առանձնացնում և քննարկում են գերակայող մաշման մեխանիզմը: Այսպես, օրինակ Ի.Վ. Կրագելսկին առանձնացնում է մաշման հոգնաձային բնույթը [17], Դ. Թեյբորը չոր շփման պայմաններում ընդգծում է ադիեզիոն մեխանիզմի որոշիչ դերը [35], Ա.Կ. Պողոսյանը՝ շփանյութափոխանցված շերտերի առկայությունը [26, 27], Ե. Ռաբինովիչը գերակա է համարում մակերևութային էներգիայի դերը [19], Ն.Պ. Սյուն՝ շերտատմամբ մաշման առկայությունը [30], Գ.Վ. Վինոգրադովը՝ ֆիզիկաքիմիական երևույթները [8], Մ.Ս. Խրուշչովը՝ աբրազիվային մաշումը [8], Բ.Ի. Կոստեցկին առաջնային է համարում մակերևութային ամրությունը և շփազույգի տարրերի կառուցվածքային հարմարվողականությունը [8], Ա.Վ. Չիչինաձեն՝ շփման ջերմային դինամիկան [36], իսկ Վ.Ա. Բելին՝ ենթամոլեկուլային կառուցվածքների ազդեցությունը [31]:

Սակայն նշված եզրահանգումները ճիշտ են որոշակի բեռնավորման, սահքի արագության, ջերմաստիճանների և շփման պայմանների առկայության դեպքերում: Արգելակային շփանյութերի շահագործման պայմաններն ընդգրկուն են ինչպես բեռնավորումների և արագությունների ու ջերմաստիճանների, այնպես էլ շփման պայմանների տեսակետից: Եվ անհնար է առանձնացնել շփանյութերի հոսալիության ու աշխատունակության գնահատման որևէ գերակա մաշման մեխանիզմ:

Պոլիմերային հիմքով արգելակային կոմպոզիտային շփանյութերի շփագիտական հետազոտությունները փոքր ջերմանջատման պայմաններում (ջերմաստիճանի գրադիենտը փոքր է 10°C -ից) ցույց են տալիս, որ մաշման ֆիզիկան առավել լիարժեք բացատրվում է հոգնաձային մաշման տեսության դրույթներով [17]: Եվ ընդհանրապես, հոգնաձային մաշման մեխանիզմը նկատվում է մեծ թվով շփահանգույցների շփանյութերի շահագործման պարագայում, ինչի հետևանքով դրանց աշխատունակության գնահատման համար մաշման հոգնաձային տեսությունն ունի

լայն կիրառություն:

Հոգնաձային մաշման ֆիզիկան նկարագրվում է հետևյալ կերպ: Շփահպակի տարրերի շփման մակերեսների խորդուբորդությունների հետևանքով հպումը տեղի է ունենում առանձին տեղամասերում և կրում է ընդհատուն բնույթ: Արտաքին բեռնավորման ազդեցության ավելի ամուր տարրի խորդուբորդությունները ներխրվում են ցածր ամրությամբ տարրի մակերևութային շերտերի մեջ, և հպակում առաջանում են լարումներ ու դեֆորմացումներ: Որոշակի հաստությամբ մակերևութային շերտի դեպքում շփման և ջերմաստիճանի բարձրացման հետևանքով այն պարբերական բնույթի է: Այդ գործընթացն անհետևանք չի մնում: Շերտերում առաջանում են արատներ՝ միկրոճաքեր, սողք և այլն, որոնք ունեն կուտակային բնույթ և արդյունքում՝ քայքայում են մակերևութային շերտը: Պայմանականորեն հոգնաձային մաշման գործընթացը բաժանվում է 3 փուլի՝ ա-մակերևութային շերտի կառուցվածքներում արատների աճ և կուտակում; բ-միկրոճաքերի առաջացում; գ-միկրոճաքերի ընդարձակում և մակերևութային շերտի քայքայում:

Շատ հետազոտություններ հաստատում են պոլիմերային հիմքով կոմպոզիտային նյութերի շփման ընթացքում մակերևութային շերտերի շերտատմամբ մաշման առկայությունը [25, 37-39,]: Այդ տեսությունը մաշման գործընթացը բացատրում է բազմակի շփաբեռնավորման ընթացքում ենթամակերևութային շերտերում վնասվածքների (միկրոճաքեր, դատարկություններ, լարումների կոնցենտրացիաների աղբյուրներ և այլն) կուտակման սկզբունքներով: Համաձայն այդ տեսության նյութերի մաշումը տեղի է ունենում հետևյալ հաջորդականությամբ՝ 1-նորմալ և շոշափող բեռնավորումների ազդեցությամբ մակերևութային շերտերի պարբերական պլաստիկ դեֆորմացում, 2-ենթամակերևութային շերտերում միկրոճաքերի ճաքերի և այլ արատների առաջացում; 3-ճաքերի տարածում գրեթե զուգահեռ շփման մակերեսին; 4-թերթաձև բարակ մաշման հատիկների ձևավորում և դրանց հետագա հեռացում շփման գոտուց:

Առանձնակի ուշադրության են արժանի շփման ընթացքում շփական նյութափոխանցման գործընթացների հետազոտությունները [16, 39, 40-42]: Դա

պայմանավորված է նրանով, որ շփանյութերի շփման մակերեսից նյութափոխանցման հետևանքով մետաղական հակամարմնի շփման մակերեսին ձևավորված շերտը կարևոր դեր է խաղում չոր շփման և մաշման գործընթացներում: Առավելապես, պոլիմերային կոմպոզիտային նյութերի շփման դեպքում այն իր ազդեցությունն է թողնում շահագործման բնութագրերի վրա: Շփանյութափոխանցման ժամանակակից տեսությունների հիմնական օրինաչափությունները տրված են աղ. 1.2-ում [27, 28]:

Աղյուսակ 1.2

Շփանյութափոխանցման հիմնական մեխանիզմները և օրինաչափությունները

	Մեխանիզմը	Հաշվարկային կախվածություն	Գրականություն
1	Ֆիզիկաքիմիական	$K=K_0 \exp(\ln H_a - E_a/RT)$	[43]
2	Մեխանիկական	$\frac{V}{L} \approx \sum_1^n P_i^2 \cdot D / 2L \cdot \text{tg}\Phi$	[44]
		$h \approx 0,2 \cdot \ell_k \cdot \frac{k_2}{k_1} \cdot (1 - 2f)^{1/2}$	[45]
3	Ադիեզիոն-մեխանիկական	$V' \approx \frac{K' \cdot P \cdot L}{S_0}$	[44]
4	Դիֆուզիոն	$g(t) \approx \Gamma(t) \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi r^{-3} ds$ $h(t) = \frac{4}{3} \prod \bar{r}_o^3 I(t)$	[23, 39]
5	Ադիեզիոն-էներգետիկական	$c \geq \frac{\gamma \cdot A \cdot B}{\{\sigma_\gamma^2 / (1 + \alpha f^2) E\} A \cdot B - \frac{4}{3} \gamma \{(A^2 + B^2) / 2\}^{1/2}}$	[142]
		$h \approx \frac{r}{R_T} \sqrt{\frac{a \cdot t}{\pi}} - \frac{r \cdot \lambda \cdot A_a \cdot (\vartheta_n - \theta_0)}{2R_T (1 - \alpha_{r,n}) \cdot f \cdot I \cdot N \cdot v_{ck}}$	[26]
		$v_{ck} \leq \frac{\pi d_k \cdot \sigma_T \cdot a \cdot \mu_1^2}{8h^2 \cdot P_a \cdot \ln \frac{\vartheta_n - \vartheta_0}{\vartheta_{isp} - \vartheta_0}}$	

Ա.Կ. Պողոսյանի [26, 46], Ս. Բահադուրի [42], Զ.Կ. Լանկաստերի [47], Դ. Թեյբորի [35] և այլ առաջատար գիտնականների հետազոտությունները ցույց են տվել, որ շփանյութափոխանցման գործընթացները պայմանավորում են շփման գործակիցի

փոփոխությունները: Շփանյութափոխանցված շերտերը, ունենալով բուն նյութերից տարբերվող կառուցվածքներ և հատկություններ, ձևավորվում են շփազույգի տարրերի ադիեզիոն փոխազդեցության հետևանքով [47]: Տեղի ունեցող փոխակերպումները որոշվում են ինչպես տարրերի ֆիզիկամեխանիկական հատկություններով, այնպես էլ շփազույգի բեռնավորման, սահքի արագության, ջերմաստիճանի, շրջակա միջավայրի և այլ պայմաններով [30]:

Կոմպոզիտային շփանյութերի, շփման և մաշման տեսական նախադրյալները պայմանավորում են արգելակային շփազույգի աշխատունակության և հուսալիության գնահատման տարբեր մեթոդների առկայությունը՝ կախված շփազույգի տարրերի վերափոխումներից և շահագործման պայմաններից: Դրանք, ընդհանուր առմամբ, մատնանշում են այն հիմնական ուղղությունները, որոնք նպաստում են ժամանակակից արգելակային շփազույգերի բնականոն շահագործման պայմանների պահպանմանը:

Ամփոփելով շփման և մաշման տեսությունների՝ ներկա փուլում ձեռք բերված գիտական մակարդակի մասին ասվածը՝ կարելի է հաստատել նաև հետևյալը: Շփազույգերի տարրերի աշխատունակության և հուսալիության գնահատման շփագիտական սկզբունքներն ընդգրկում են շփագիտության տարբեր ոլորտները՝ շփավերլուծություն (մեխանիկայի, ֆիզիկայի և քիմիայի տեսական դրույթները), շփանյութագիտություն (շփազույգերի տարրերի հատկությունների կառավարում և ուսումնասիրում) և շփատեխնոլոգիաներ (շփանյութերի հատկությունների փոփոխման և կառավարման տեխնոլոգիական մեթոդներ): Շփանյութերի շփման և մաշման գործընթացի տեսական հիմունքների վերլուծության արդյունքներից հետևում է մի անվիճելի փաստ ևս: Տեսական և փորձագիտական բոլոր հետազոտությունները, գիտական մշակումները և գործնական կիրառությունները հիմնվում են շփազույգի տարրերից առավել «թույլ» տարրի բարակ բանվորական մակերևութային շերտի (այսպես կոչված, «ակտիվ շերտ», «երրորդ մարմին», «երկրորդական կառույցների շերտ» և այլն) հետազոտությունների արդյունքների վրա: Այդ շերտերում են տեղի ունենում այն հիմնական ձևափոխումները և երևույթները, որոնք ապահովում են մեխանիկական հատկությունների դրական գրադիենտ և արտաքին շփում: Առանց այդ

շերտերի գոյության և վերափոխման օրինաչափությունների ուսումնասիրության հնարավոր չէ մշակել նախապես հայտնի շփագիտական պարամետրերով և կառավարվող հատկություններով նոր, բնապահպանական տեսակետից անվտանգ կոմպոզիտային շփանյութեր:

1.2. Ավտոմոբիլային արգելակների շփանյութերի շահագործման պայմանները և աշխատունակության չափանիշները

Ավտոմոբիլային արգելակային մեխանիզմները 2 տիպի են՝ թմբուկային և սկավառակային: Ժամանակակից մեքենաների գերակշռող մասի մեջ օգտագործվում են սկավառակային արգելակային մեխանիզմներ առաջին անիվների վրա և թմբուկային՝ հետին անիվների վրա [7, 48]: Ավտոմոբիլային արգելակների աշխատանքային պայմանները, բեռնավորման ռեժիմները, կառուցվածքային առանձնահատկությունները և շահագործմանը վերաբերող այլ խնդիրներ ուսումնասիրված են մի շարք աշխատանքներում [49-56]:

Բացահայտված է, որ ավելի հեռանկարային են սկավառակային արգելակները: Դա պայմանավորված է առաջին հերթին դրանց բարձր շահագործական կայունությամբ: Այս արգելակային մեխանիզմներում ապահովվում է արգելակի տաքացման ժամանակ կամ շփման մակերևույթների վրա ջրի առկայության ժամանակ արգելակման արդյունավետության աննշան անկում: Բացի այդ, դրանց գործադրման ժամանակը քիչ է, փոքր է զանգվածը: Սակայն սկավառակային արգելակի շփական ներդիրների ավելի փոքր մակերեսի պատճառով ճնշումը նրանց վրա 3-4 անգամ ավելի մեծ է [1, 57]: Արգելակային շփանյութերի շահագործման պայմանները բնութագրվում են բարձր ջերմաստիճանների, ճնշումների և շփման մակերևույթների սահքի արագությունների առկայությամբ, ինչպես նաև արտաքին միջավայրի ազդեցության պայմաններով: Արգելակային մեխանիզմների գլխավոր խնդիրն է մեքենայի արգելակման ընթացքում ստանալ շփման ուժի անհրաժեշտ մեծություններ արգելակման փոփոխական պարամետրերի դեպքում՝ ապահովելով դրանց կայունությունը: Այդ փոփոխական մեծություններն են արգելակային թմբուկի կամ

սկավառակի պտտման արագությունը, ճնշումը շփական ներդիրի վրա և մետաղական հականարմնի մակերևույթի ջերմաստիճանը:

Ավտոմոբիլների արգելակների շահագործման փորձը ցույց է տալիս, որ ժամանակակից ամենատարածված շփական ներդիրներն ունեն աղ. 1.3-ում բերված ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները [58-68]:

Աղյուսակ 1.3

Շփական ներդիրների ֆիզիկամեխանիկական ցուցանիշները

Ցուցանիշ	Թմբուկային 	Սկավառակային 
Խտությունը, գ/սմ ³	2,0-2,9	2,4-3,5
Ջերմահաղորդականությունը, Վատ/մ,աստ	1,3-3,0	2,1-3,7
Առաձգականության մոդուլը, կՆ/մմ ²	0,5-7,0	1,0-8,0
Շփման ուղղությամբ առավելագույն թույլատրելի սահքի լարումը, ՄՊա	5,0-8,0	5,0-9,0
Շարժման ուղղությամբ առավելագույն թույլատրելի սեղման լարում, ՄՊա	22,0-60,0	55,0-100,0
Հեղուկ միջավայրերում զանգվածի ավելացումը, %	0,5	0,3
Հարվածային դիմացկանությունը, Նմ/սմ ²	1,8-2,2	2,4-2,6
Ցուցանիշների արժեքների ցրումը, %	5,0	3,0

Արգելակների շփահանգույցներում կատարվում են բարդ և բազմաֆունկցիոնալ մեխանաքիմիական և ֆիզիկական գործընթացներ, որոնք հանգեցնում են շփանյութերի շահագործման պայմանների վատթարացմանը: Դրա հետ կապված նրանց առաջադրվում են բազմաթիվ պահանջներ, որոնցից հիմնականները ցույց են տրված աղ. 1.4-ում [2, 3, 33, 69, 70-73,]: Բացի այս պահանջները, արգելակային շփանյութերին, ըստ շփման գործակցի և երկարակեցության, առաջադրվում են մի շարք այլ պահանջներ ևս: Օրինակ, դրանք չպետք է ունենան «ծայն» կամ անդուր հոտ, իսկ շփման գործակիցը պետք է լինի անկախ ճնշումից և սահքի արագությունից: Նման

պահանջները հաճախ շատ դժվար է ապահովել:

Աղյուսակ.1.4

Արգելակային շփանյութերին ներկայացվող պահանջները

Պահանջների բնույթը	Ցուցանիշ
Շփական (շփական հատկությունների կայունություն)	-շփման գործակցի կայունության գործակիցը -շփման գործակցի տատանման գործակիցը -արգելակման արդյունավետության գործակիցը -արգելակման բերված արդյունավետություն
Մաշվածքային	-գծային մաշվածադիմացկունություն -քաշային մաշվածադիմացկունություն -էներգետիկական մաշվածադիմացկունություն
Ֆիզիկա-մեխանիկական	- կարծրություն -ամրության սահմանը սեղմման, պոկման ժամանակ -առածականության մոդուլը ծռման ժամանակ -տեսակարար հարվածային դիմադրողականություն -ջրի , յուղի բենզինի կլանում -խտություն
Ջերմա-ֆիզիկական	- տեսակարար ջերմատվություն -ջերմահաղորդականություն -ջերմային կծկման գործակից -ջերմահաղորդականության գործակից
Տնտեսական	-ինքնարժեք, հումքի հասանելիություն -բարձր արտադրողականություն
Զելվոդականություն	հավասարակշռված անհարթության պարամետրեր
Այլ	-աղմուկի, թրթռումների բացակայություն

Ավտոմոբիլային արգելակների համար բնորոշ է կրկնվող-կարճաժամկետ արգելակման ռեժիմը: Սովորական պայմաններում շփանյութերի ջերմաստիճանը չի գերազանցում 100°C, իսկ լեռներում թմբուկային արգելակների շփական ներդիրների շփման մակերևույթների վրա ջերմաստիճանը 350...400 °C: Սկավառակային արգելակների ջերմաստիճանային ռեժիմը բավականին մեծ է, լեռնային պայմաններում ջերմաստիճանը ներդիրների շփման մակերևույթի վրա հասնում է 500...650°C: Արգելակային սկավառակի առավելագույն դանդաղեցումը, մեքենայի տիպից և զանգվածից կախված, փոփոխվում է 3...6 մ/վ² սահմաններում:

Հաշվի առնելով ժամանակակից մեքենաների արգելակային սարքավորումների

շահագործման փորձը, արգությունների և բեռնավորումների մեծացումը և շրջակա միջավայրի բնապահպանական խնդիրները, մշակված են միջազգային ստանդարտներ [70-75]: Դրանք կարգավորում են արգելակային շփական նյութերին ներկայացվող պահանջները և անվանակարգային ցուցանիշները (աղ. 1.5):

Աղյուսակ 1.5

Շփանյութերի անվանակարգային ցուցանիշները

Ցուցանիշի անվանումը	Նշանակումը	Շփանյութի հատկությունը
1	2	3
1. Շփամաշվածքային ցուցանիշներ		
1.1. Շփման գործակից	f	շփական հատկություններ
1.2. Շփման գործակցի հաստատունություն	K	շփական հատկությունների կայունություն
1.3. Մաշում (մաշակայունություն կամ մաշման ուժգնություն)	I	երկարակեցություն
1.4. Արգելակման արդյունավետություն (դանդաղեցում, արգելակման ճանապարհ, արգելակման մոմենտ).	J, մ/վ ² S, մ M, Ն·մ	արգելակման որակական չափ
1.5. Արգելակման արդյունավետության կորուստ	-	արգելակման որակական չափ
1.6. Արգելակման արդյունավետության վերականգնում	-	արգելակման որակական չափ
1.7. Կարծրություն	HB, ՄՊա	Ֆիզիկամեխանիկական հատկություն
1.8. Ըստ ծռման՝ ամրության սահման	σ_{ϕ} , ՄՆ/մ ²	Ֆիզիկամեխանիկական հատկություն
1.9. Ըստ սեղմման՝ ամրության սահման	$\sigma_{ս}$, ՄՆ/մ ²	Ֆիզիկամեխանիկական հատկություն
1.10. Ըստ սահքի՝ ամրության սահման	$\sigma_{սահ}$, ՄՆ/մ ²	Ֆիզիկամեխանիկական հատկություն
1.11. Հարվածային մածուցիկություն	KCI, կՋ/մ ²	Ֆիզիկամեխանիկական հատկություն
1.12. Մետաղական տակդիրի ամրությունը շփանյութի հետ	σ_{δ} , ՄՆ/մ ²	Ֆիզիկամեխանիկական հատկություն
1.13. Չանգվածի փոփոխությունը հեղուկ միջավայրում	X	կայունությունը հեղիուկների ազդեցությանը

Աղ. 1.5-ի շարունակությունը

1	2	3
1.14.Խտություն	$\rho, \text{գ/սմ}^3$	նյութատարություն
1.15.Ծռման դիմադրողականություն	$\sigma_{\text{ծռ}}, \text{ՄՆ/մ}^2$	ֆիզիկամեխանիկական հատկություն
1.16.Շփման մակերեսի վիճակ	-	մակերեսի հատկություն
2. Հուսալիության ցուցանիշներ		
2.1. Գամմա տոկոսային կամ միջին պաշար	-	երկարակեցություն
2.2. Պահպանման միջին ժամկետ	-	պահպանելիություն
3. Տեխնոլոգիական պահանջներ		
3.1.Արտադրանքի պատրաստման տեխնոլոգիական աշխատատարություն	T	Աշխատանքային ծախսերի մակարդակ
3.2. Նյութերի օգտագործման գործակից	$K_{\text{օգգ}}$	նյութական միջոցների օգտագործման արդյունավետություն
3.3.Ինքնարժեք	C	Արտադրության ծախսերի մակարդակը
4. Արտաքին ազդեցությունների դիմադրության ցուցանիշները		
4.1. Արևադարձային կայունություն	-	արևադարձային պայմաններում աշխատունակության պահպանումը
4.2 Ցրտակայունություն	-	աշխատունակության պահպանում - 45 °C ցածր պայմաններում

Արգելակման արդյունավետությունը բնութագրում է շփազույգով մեքենայի շարժման համար անհրաժեշտ դիմադրության ստեղծումը՝ տրված պարամետրերի դեպքում (արագություն, հաղորդակի ճնշում, ջերմաստիճան և այլն): Արգելակման արդյունավետության վերականգնումը բնորոշում է շփազույգի նախնական արգելակման արդյունավետության վերականգնումը՝ բարձր շփման ջերմաստիճաններից մինչև նորմալ պայմանները արգելակման ընթացքում:

Արգելակման արդյունավետության կորուստն արտահայտում է արգելակման արդյունավետության նվազումը՝ ջերմաստիճանի բարձրացումով մի շարք

հաջորդական արգելակումների ընթացքում: Շփման գործակիցի կայունությունը բնութագրում է շփազույգի շփման գործակիցի սկզբնական արժեքները պահպանելու հատկությունը ջերմաստիճանի, ճնշման և սահքի արագության փոփոխման ընթացքում:

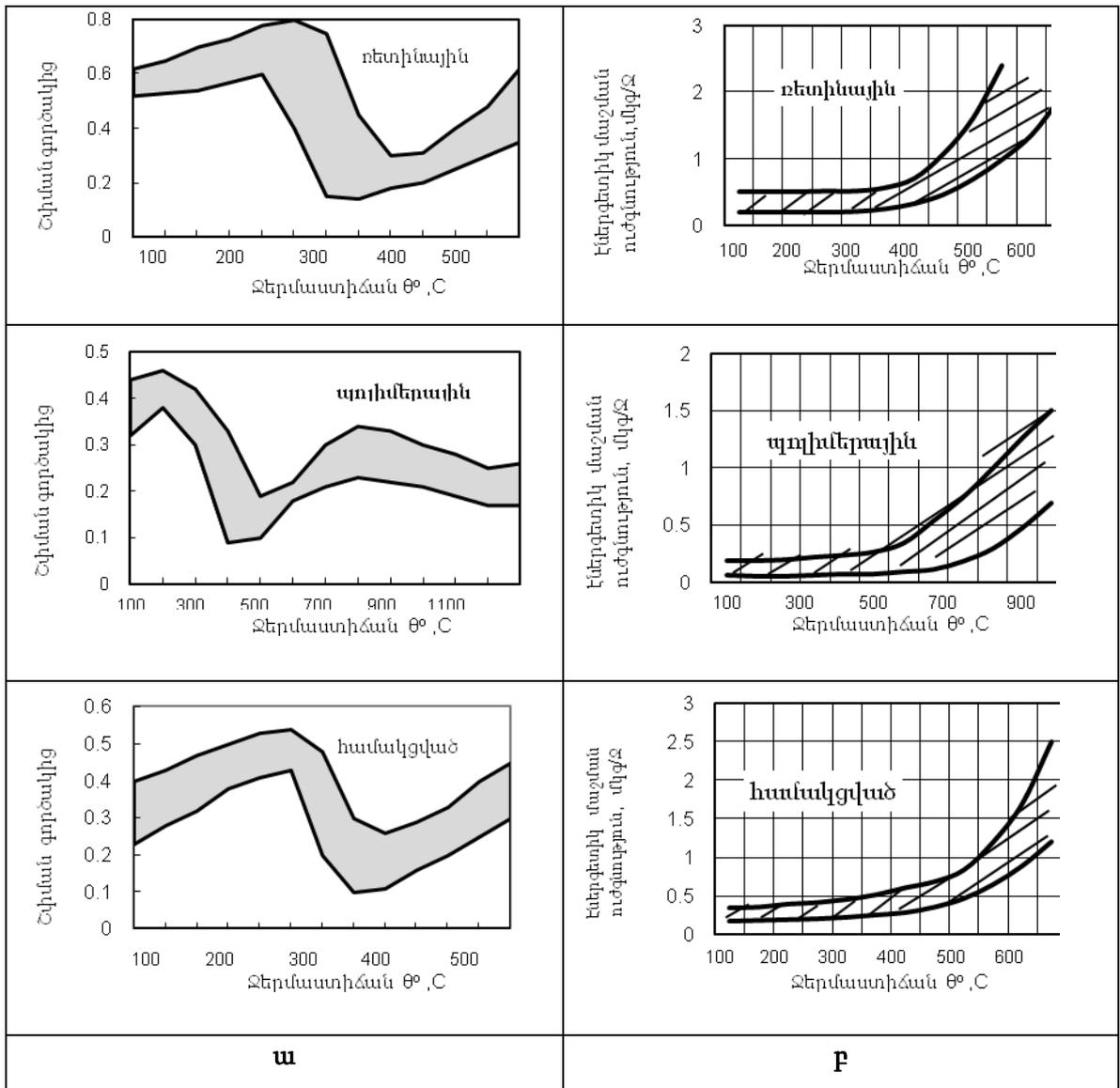
Ավտոմոբիլային տրանսպորտի շարժման ուժգնացումը պահանջում է վերանայել գործող ստանդարտների նորմատիվային պարամետրերի արժեքները: Այս գործում մեծ է նոր ստեղծված մեքենաների ճանապարհային փորձարկումների դերը: Օրինակ, Beral ֆիրման [70] մինչև 1600 կգ զանգվածով մեքենաների փորձարկումից հետո առաջարկում է հետևյալ տվյալները՝

- մայրուղու վրա ամենամեծ միջին արագությունը -160 կմ/ժամ;
- լեռնային պայմաններում 1 կմ-ի վրա արգելակների օգտագործման ամենամեծ քանակը -12,8 արգելակ /կմ;
- լեռնային ծանր պայմաններում 1 կմ-ի վրա շփման ուժերի ամենամեծ տեսակարար աշխատանքը -125 Ջ/սմ²կմ;
- լեռնային ծանր ճանապարհների վրա արգելակային համակարգում ճնշումների տիրույթը -7,8-11,4 ՄՊա;
- լեռնային ծանր պայմաններում արգելակային սկավառակի շփման մակերևույթի միջին ջերմաստիճանը - 590° C :

Արգելակային շփանյութերի գործարկման ընթացքում շփահպակի տիրույթում կտրուկ բարձրանում է ջերմաստիճանը, մակերևութային շերտերը ենթարկվում են դեֆորմացումների և անդառնալիորեն փոփոխվում են շփանյութերի հատկությունները: Այդ գործընթացների դինամիկան և ուժգնությունը կանխորոշում են մակերևութային շերտերի քայքայման դիմադրողականությունը, ինչպես նաև բնութագրում են շփանյութի աշխատունակությունը: Արգելակային հանգույցի աշխատունակության գնահատման տեսակետից չափազանց կարևոր է շփանյութերի հատկությունների վրա ջերմային ռեժիմի ազդեցության հետազոտումը [76-79]:

Շփման ընթացքում ջերմաստիճանի բարձրացումը հանգեցնում է շփանյութերի հատկությունների փոփոխությանը, փոքրանում է շփման գործակիցը, մեծանում է

մաշման ուժգնությունը, և արդյունքում՝ արգելակային շփագույզը կորցնում է աշխատունակությունը: Կապակցող տարրեր նյութերով պատրաստված շփանյութերի շփահպակում ջերմաստիճանի բարձրացմանը զուգընթաց տեղի ունեցող փոփոխությունները կատարվում են մինչև առավելագույն աշխատանքային ջերմաստիճանային պայմաններում շփվելը (նկ. 1.1):



Նկ. 1.1. Ռետինային, պոլիմերային և համակցված կապակցող նյութերի հիմքով շփանյութերի շփման գործակցի (ա) և էներգետիկ մաշման ուժգնության (բ) տիրույթների կախվածությունը մակերևութային ջերմաստիճանից

Այս փոփոխությունների վերլուծությունը հնարավորություն է տալիս բացատրել շփման գործընթացի կախվածությունը ջերմաստիճանից [10, 79]: Արգելակային նյութերի շփման գործակիցների արժեքները, ջերմաստիճանի բարձրացմանը

զուգընթաց, 250...280 °C պայմաններում աճում և հասնում են առավելագույնին: Ջերմային ռեժիմի հետագա բարձրացումը՝ մինչև 330...400 °C ջերմաստիճանները, նպաստում է շփման գործակիցների անկմանը, սակայն ջերմաստիճանի հետագա բարձրացումը կրկին հանգեցնում է շփման գործակիցների արժեքների աճին [80, 81]: Բազմաթիվ շփագիտական հետազոտությունների արդյունքների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ առաջին տեղամասում շփանյութերի մակերևութային շերտերի քայքայման մեխանիզմը բացատրվում է հոգնաձային մաշման տեսության օրինաչափություններով: Երկրորդ և երրորդ տեղամասերում տեղի է ունենում մակերևութային շերտերի քայքայման մոդելի փոփոխություն, քանի որ, կախված մակերևութային ջերմաստիճանից, փոփոխվում են շփման գործակցի և մաշման ուժգնության բնույթը :

Արգելակային հանգույցների շփագույգի աշխատունակության վրա ազդում են 70-ից ավելի գործոններ [3, 5, 28, 82-84]: Դրանց թվին են պատկանում արագությունը, տեսակարար ճնշումը, աշխատանքային ջերմաստիճանը, շահագործման պայմանները և կառուցվածքային առանձնահատկությունները: Ավտոմոբիլային արգելակների շփանյութերի շահագործողական պարամետրերի վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ արգելակման ամենածանր պայմաններն առկա են լինում տրանսպորտային միջոցների լեռնային ճանապարհներում շահագործման դեպքերում [10, 28, 85, 86]: Այդ պայմաններում գործում են հետևյալ ռեժիմները՝

- մակերևութային ջերմաստիճանը - 600 ...750 °C;
- տեսակարար ճնշումը ներդիրի վրա - 8...10 ՄՊա;
- սահքի արագությունը - 30...32 մ/վ;
- ներդիրների երկարակեցությունը - 15...25 հազ. կմ:

Ներքաղաքային երթևեկության պայմաններում մարդատար ավտոմեքենաների հոսքի մեծացումն ավելի է ծանրաբեռնում արգելակային հանգույցների աշխատանքային պայմանները: Արգելակումների թիվը կազմում է 7,8 արգելակ/կմ, շարժման միջին արագությունը մոտավորապես 60...80 կմ/ժ, որի ընթացքում արգելակային ներդիրների մակերևութային միջին ջերմաստիճանը տատանվում է 250...350 °C սահմաններում:

1.3. Կոմպոզիտային նյութերի օգտագործումը ավտոմոբիլային արգելակային ներդիրներում

Գոյություն ունեցող ավտոմոբիլային արգելակային հանգույցների համար առաջատար ֆիրմաների կողմից մշակվում և պատրաստվում է շփանյութերի մեծ տեսականի: Ոլորտի վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ արգելակային ներդիրների ժամանակակից շուկայում առկա մարդատար և բեռնատար ավտոմեքենաների արգելակային ներդիրները կարելի է խմբավորել չորս հիմնական խմբերում [5, 28]:

1. Կիսամետաղական: Այս նյութերի բաղադրակազմը պարունակում է 30...65 տոկոս կտրտված բարակ (փոքր 0,2 մմ) մետաղալար, անօրգանական լցանյութերի և պոլիմերային կապակցող նյութերի հետ խառնված երկաթի փոշի, պղինձ, գրաֆիտ և շփագիտական հատկությունները կարգավորող այլ բաղադրիչներ: Այս նյութերից պատրաստած ներդիրներն ունեն գերազանց ջերմատվություն, բայց ավելի արագամաշ են, կարող են լինել աղմկոտ և ցածր ջերմաստիճաններում (փոքր 75 °C) ունեն անկայուն բնութագրեր [5]:

2. Ասբեստազերծ: Սրանք ներկայացնում են պոլիմերային կապակցող նյութերի հիմքով, տարբեր տիպի թելքերով (ապակյա, բազալտի, արամիդի, կլարի գրաֆիտի և այլ տիպի թելքեր) ամրանավորված և մետաղական ու անօրգանական նյութերի փոշիների լցանյութերով ձևավորված կոմպոզիտային նյութեր: Այս նյութերից պատրաստած ներդիրները, կիսամետաղական նյութերի համեմատ, ունեն ցածր ինքնարժեք, աշխատում են անաղմուկ և սահուն, մետաղական սկավառակի մեծ մաշում չեն առաջացնում և բնապահպանական տեսակետից անվտանգ են [87, 88]:

3. Կերամիկական: Այս շփանյութերը բաղկացած են կերամիկական թելքերից, գունավոր մետաղների լցանյութերից, կապակցող նյութերից և նպատակային լցուկներից: Ունեն բարձր ինքնարժեք և ցածր ջերմահաղորդականություն [89, 90]:

4. Գրաֆիտային կամ գրաֆիտի հիմքով: Սրանք նյութերի հատուկ դաս են, ծառայում են ծանր պայմաններում շահագործվող արգելակային հանգույցներում (սպորտային մեքենաներ, հատուկ նշանակությամբ տրանսպորտային միջոցներ և այլն): Որպես ամրանավորող տարր օգտագործվում է ածխածնաթելքը, իսկ

մետաղական սկավառակի փոխարեն՝ գրաֆիտային սկավառակը [91-93]:

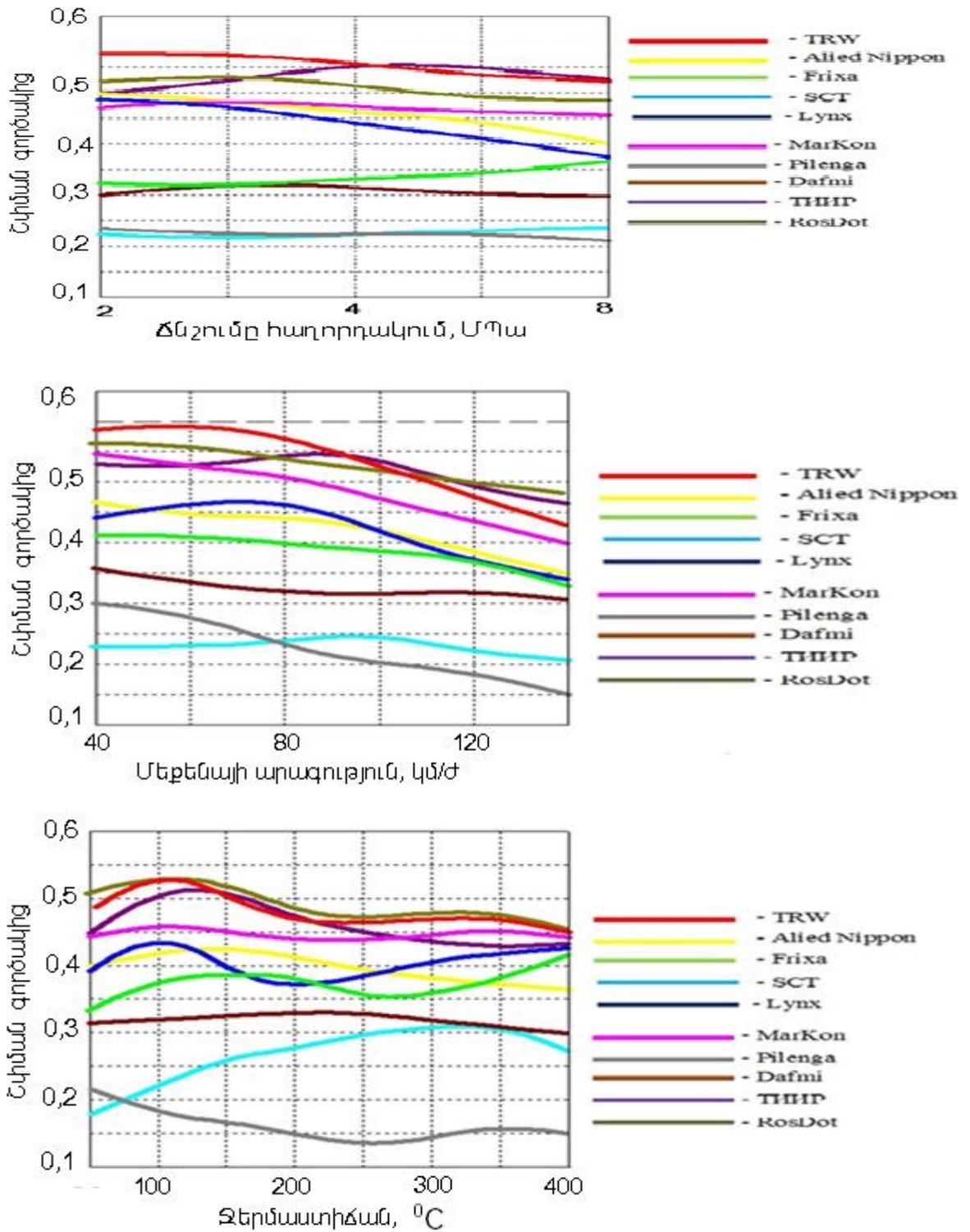
Մարդատար և բեռնատար ավտոմեքենաների արգելակային ներդիրների շահագործման փորձը ցույց է տալիս, որ առավել տարածված են պոլիմերային հիմքով կոմպոզիտային շփանյութերը [94-96]:

Պոլիմերային հիմքով կոմպոզիտային շփանյութերում նախկինում որպես ամրանավորող բաղադրիչ օգտագործվում էր ասբեստաթելը: Սակայն նկատի ունենալով ասբեստաթելի վտանգավորությունը մարդու առողջության համար [97], սկսած 1985 թվականից շփական ասբեստազերծ արգելակային նյութերի հետազոտման և ստեղծման ուղղությամբ իրականացվել են բազմամաշտար աշխատանքներ՝ հիմնախնդիրը դիտարկելով որպես կարևոր բնապահպանական և տնտեսական հարց: Այժմ ասբեստազերծ շփանյութեր են արտադրում առաջատար Ferodo Lid (Մեծ Բրիտանիա), Ռյուդալս (Շվեյցարիա), Տեկստար (Գերմանիա), Վալեո (Ֆրանսիա), Նիխիմեն (Ճապոնիա), Ֆրենդո Աբեկս (Իտալիա), Ֆրիտեքս և ՏԻԻՐ (ՌԴ) ֆիրմաներում: Որպես ասբեստին փոխարինող օգտագործում են բամբակյա, ապակյա, բնածխի, ֆենոլային, պողպատյա և այլ սինթետիկ նյութեր [61-66, 96]: Սակայն շփական ասբեստազերծ արգելակային շփանյութերն ունեն մեկ ընդհանուր թերություն. պահանջվում են համեմատաբար թանկ լցանյութեր: Էժան լցանյութերի կիրառման հնարավորությունը դրանց բաղադրակազմերում ժամանակակից շփական նյութագիտության հրատապ խնդիրներից մեկն է:

Ասբեստազերծ կոմպոզիտային շփանյութերի արագ ներդրումն արգելակային հանգույցներում ուղեկցվում է շփագիտական համալիր հետազոտություններով: Շահագործման համար կուտակվել է որոշակի փորձ [98-104]: ԱՊՀ անդամ երկրներում գործող ստանդարտներում փոփոխություններ և լրացումներ կատարելու համար ՌԴ HAMI-ՓՕՈՎ-ում (ք. Մոսկվա) հետազոտության ենթարկվեցին արգելակային ներդիրներ արտադրող առաջատար ֆիրմաների ասբեստազերծ շփանյութերը (Textar, Samko, Bosch, Sangsin HAGEN, Nisshinbo, FERODO TARGET, Kashiyama, Hankook FRIXA, ATE, Allied Nippon, ABS և այլն): Նկ. 1.2-ում բերված են մի շարք երկրներում արտադրված BA3 2112 ավտոմեքենաների համար նախատեսված ասբեստազերծ

շփական ներդիրների փորձարկման արդյունքները [58-60, 105]:

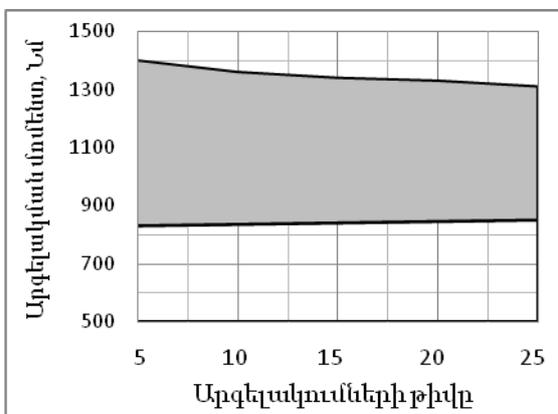
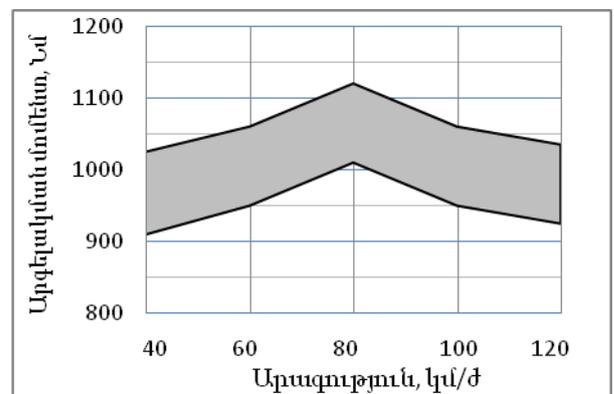
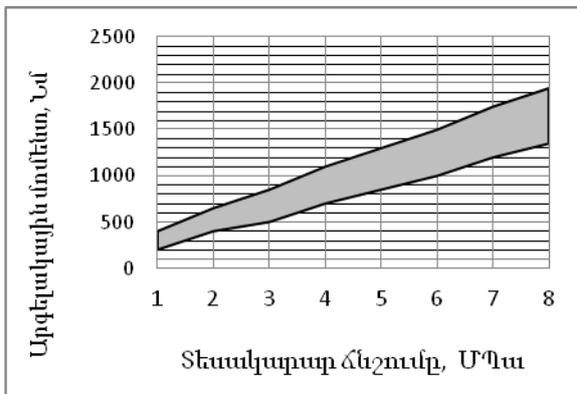
Վերլուծությունից երևում է, որ համեմատաբար ցածր բնութագրեր ունեն Pilenga (Իտալիա) և SCT (ՌԴ) ապրանքանիշներով արգելակային ներդիրները:



Նկ. 1.2. Արեստագերծ կոմպոզիտային շփանյութերի շփման գործակցի կախվածությունը հաղորդակի ճնշումից, մեքենայի շարժման արագությունից և ջերմաստիճանից

Մեքենայի դանդաղեցումը (արգելակային մոմենտ) արգելակի շահագործական կարևոր բնութագիրն է: Դրա արժեքը, կախված մեքենայի տիպից, ստանդարտացված է, և շփանյութեր մշակողները տեխնիկական տվյալների ցանկում միշտ ներկայացնում են առաջարկվող արժեքները:

Առաջատար ֆիրմաների արտադրած և ԱՊՀ երկրների ավտոպահեստամասերի շուկայում լայն տարածում գտած արգելակային ներդիրների արգելակային մոմենտի արժեքների ցրման դաշտի կախվածությունն տեսակարար ճնշումից, շարժման արագությունից և արգելակումների թվից բերված են նկ. 1. 3 -ում [82]:



Նկ.1.3. Ասբեստազերծ շփանյութերի արգելակային մոմենտի կախվածության տիրույթը տեսակարար ճնշումից, շարժման արագությունից և արգելակումների թվից

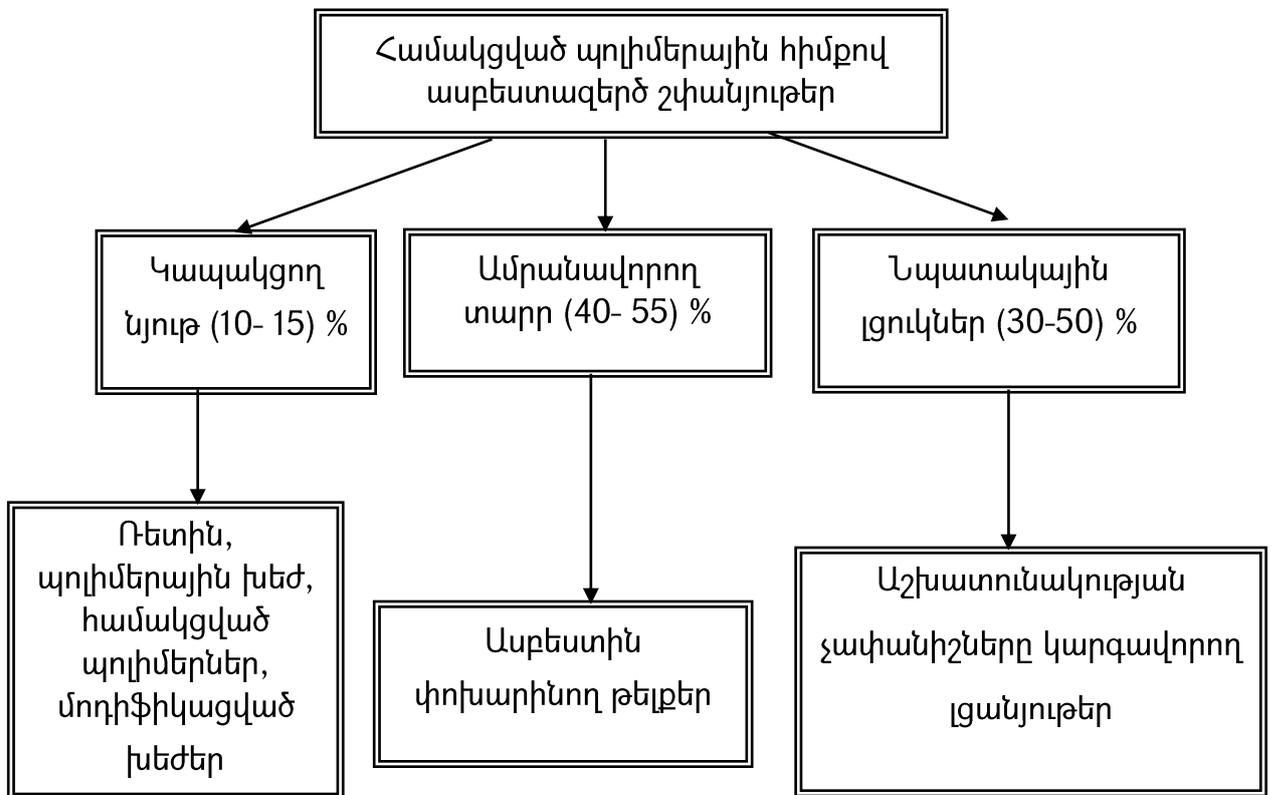
Ավտոմեքենաների արագությունների մեծացումը և բեռնափոխադրումների ծավալի աճը հանգեցնում են նրան, որ արգելակման հաստատուն ճանապարհ ապահովելու դեպքում անհրաժեշտ է լինում մեծացնել արգելակման մոմենտի մեծությունը և բնութագրերի ցրման դաշտի վերին սահմանը տեղաշարժել դեպի ավելի մեծ արժեքներ: Այն, իր հերթին, հանգեցնում է համեմատաբար բարձր շփման գործակցով օժտված շփանյութերի օգտագործմանը բարձր տեսակարար ճնշումների և ջերմաստիճանների պայմաններում: Այս հարցը ժամանակակից շփանյութերի

զարգացման հիմնական ուղղություններից մեկն է:

Բացի դրանից, անհրաժեշտություն է առաջանում նաև՝ ապահովելու շփանյութերի բարձր մաշակայունություն, բաղադրակազմերում օգտագործելով այնպիսի լցանյութեր, որոնց մաշման հետևանքով շրջակա միջավայր արտանետված հատիկները բնապահպանական առումով կլինեն անվտանգ: Ակնհայտ է, որ արգելակման ուժգնության մեծացման պայմաններում բարձրանում է նաև շփման ջերմաստիճանը, որն իր հերթին լրացուցիչ պահանջներ է ներկայացնում շփանյութերին՝ ջերմակայունության մեծացման առումով:

Այսպիսով, արգելակային շփանյութերի զարգացման ուղղություններից մեկը հետևյալն է. ստեղծել այնպիսի շփանյութեր, որոնք բարձր արագությունների, ճնշումների և ջերմաստիճանների պայմաններում ապահովում են համեմատաբար բարձր և հաստատուն շփման գործակիցներ:

Գոյություն ունեցող արգելակային հանգույցների համար մշակվող ասբեստազերծ շփանյութերի ընդհանրացված կառուցվածքը ներկայացված է նկ. 1.4-ում:

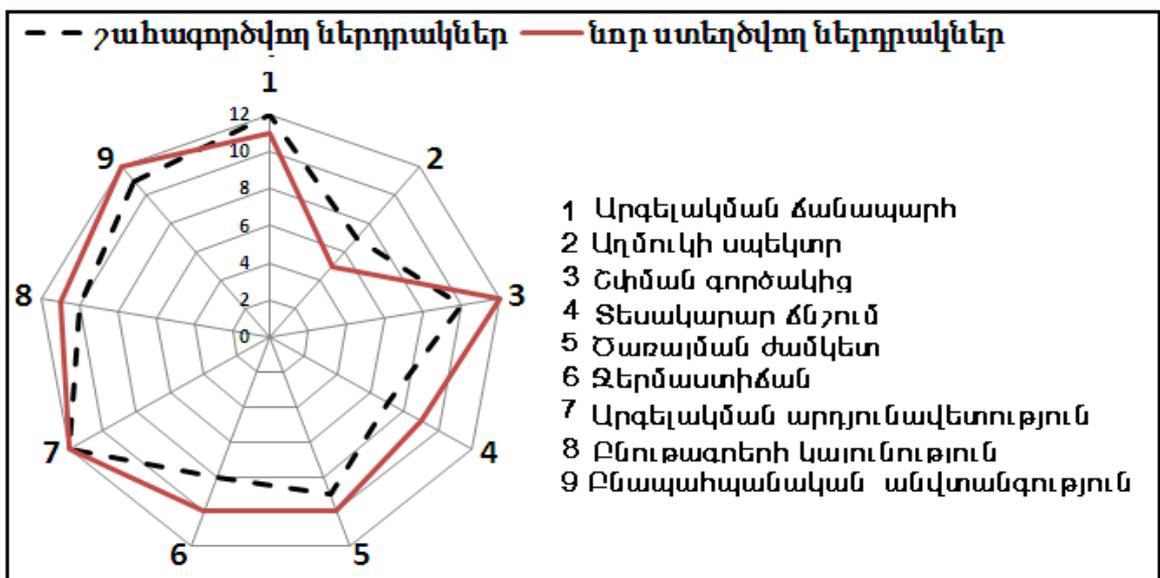


Նկ.1.4. Համակցված պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ շփանյութերի բաղադրությունը

Արտոնագրային գրականության վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ ասբեստագերծ շփանյութեր արտադրող ֆիրմաների, գիտահետազոտական ինստիտուտների և բնագավառին առնչվող այլ հաստատությունների կողմից մշտապես մշակվում և առաջարկվում են նոր նյութեր: Կիրառվում են տարբեր տիպի կապակցող նյութեր և խառնուրդներ [106-108], ամրանավորող տարրերի լայն ընտրանի [109-111], օրգանական և անօրգանական նյութերի նպատակային լցուկներ [112], ինչպես նաև հավելումներ շփագիտական բնութագրերի կարգավորման նպատակով [116-120]:

Առավել տարածված են համակցված բարդ պոլիմերային հիմքով ասբեստագերծ շփանյութերը, որոնցում կիրառվում են տարբեր տիպի պոլիմերների և ռետինների խառնուրդներ [120-124]: Բարդ բաղադրակազմով շփանյութերից համեմատաբար մեծ տարածում են գտել մոդիֆիկացված պոլիմերային հիմքով կոմպոզիտային շփանյութերը, որոնք նախօրոք տրված շփագիտական պարամետրերով և կառավարելի հատկություններով օժտված նյութեր են [67, 125, 126]:

Վերլուծությունները, ինչպես նաև արգելակային շփանյութերի շահագործման փորձը հնարավորություն են տալիս նախանշել դրանց աշխատունակության չափանիշների բարելավման հիմնական ուղղությունները՝ նկ. 1.5-ում ներկայացված նոմոգրամի տեսքով:



Նկ. 1.5. Արգելակային շփանյութերի աշխատունակության չափանիշների բարելավման հիմնական ուղղությունները

Հետազոտությունների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ շփանյութերի հատկությունները հնարավոր է կարգավորել հետևյալ եղանակներով և սահմանաչափերով [82, 127]. 1) կապակցող նյութի փոփոխումով լավարկել շփագիտական բնութագրերը՝ մինչև 10 %, 2) ամրանավորող տարրերի միջոցով մեծացնել շփանյութերի աշխատունակությունը՝ մինչև 20 %, 3) լցանյութերի կիրառմամբ բարձրացնել շահագործողական բնութագրերը՝ մինչև 70 %:

Կարելի է եզրակացնել, որ համակցված պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ արգելակային շփանյութերը՝ որպես կարգավորվող հատկություններով նյութեր, դեռևս հեռանկարային են: Այդ նյութերի շփամաշվածքային հատկությունների կարգավորումը և լավարկումը՝ լցանյութերի կիրառմամբ, դեռևս համարվում է նոր շփանյութերի ստեղծման սկզբունքներից մեկը: Նոր տարատեսակների մշակման գործընթացներում անհրաժեշտ է լցանյութերի ավելացման ճանապարհով փոքրացնել արգելակման ճանապարհը, նվազեցնել աղմուկի սպեկտրը, մեծացնել շփման գործակիցը՝ բարձր ջերմաստիճանային և տեսակարար ճնշման պայմաններում, ապահովել բնութագրերի կայունությունը և բնապահպանական անվտանգությունը:

ԵԶՐԱԿԱՅՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՀԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ԽՆԴՐԻ ԴՐՎԱԾՔԸ

Ասբեստազերծ արգելակային կոմպոզիտային շփանյութերի շփման և մաշման գործընթացի տեսական հիմունքների ուսումնասիրությունը, ավտոմոբիլային արգելակների շփանյութերի շահագործման պայմանների և աշխատունակության չափանիշների վերլուծությունը, ինչպես նաև ասբեստազերծ արգելակային կոմպոզիտային շփանյութերի օգտագործման հեռանկարների գնահատումը հանգեցնում են հետևյալ եզրակացություններին.

1. Արգելակային շփազույգերի տարրերի աշխատունակության և հուսալիության գնահատման շփագիտական սկզբունքներն ընդգրկում են շփագիտության տարբեր ոլորտները՝ շփավերլուծություն (մեխանիկայի, ֆիզիկայի և քիմիայի տեսական դրույթները), շփանյութագիտություն (շփազույգերի տարրերի հատկությունների կառավարում և ուսումնասիրում) և շփատեխնոլոգիաներ (շփանյութերի

հատկությունների փոփոխման և կառավարման տեխնոլոգիական մեթոդներ): Տեսական և փորձագիտական բոլոր հետազոտությունները, գիտական մշակումները և գործնական կիրառությունները հիմնվում են շփագույգի տարրերից առավել «թույլ» տարրի բարակ բանվորական մակերևութային շերտի (այսպես կոչված, «ակտիվ շերտ», «երրորդ մարմին», «երկրորդական կառույցների շերտ» և այլն) հետազոտությունների արդյունքների վրա: Առանց այդ բանվորական շերտերի գոյության և վերափոխման օրինաչափությունների ուսումնասիրության՝ հնարավոր չէ ստեղծել և մշակել նախապես հայտնի շփագիտական պարամետրերով և կառավարվող հատկություններով նոր, բնապահպանական տեսակետից անվտանգ կոմպոզիտային շփանյութեր:

2. Արգելակային շփագույգի 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 շփագույգը կորցնում է աշխատունակությունը: Կապակցող տարբեր նյութերով պատրաստված շփանյութերի՝ շփահպակում ջերմաստիճանի բարձրացմանը զուգընթաց տեղի ունեցող փոփոխությունները կատարվում են մինչև առավելագույն աշխատանքային ջերմաստիճանային պայմաններում շփվելը:

3. Համակցված պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ արգելակային շփանյութերը՝ որպես կարգավորվող հատկություններով նյութեր, դեռևս հեռանկարային են: Այդ նյութերի շփամաշվածքային հատկությունների կարգավորումը և լավարկումը լցանյութերի կիրառմամբ, համարվում է նոր շփանյութերի ստեղծման սկզբունքներից մեկը: Նոր տարատեսակների մշակման գործընթացներում անհրաժեշտ է լցանյութերի ավելացման ճանապարհով փոքրացնել արգելակման ճանապարհը, նվազեցնել աղմուկի սպեկտրը, բարձրջերմաստիճանային և տեսակարար ճնշման պայմաններում մեծացնել շփման գործակիցը, ապահովել բնութագրերի կայունությունը, բնապահպանական անվտանգությունը:

Վերը նշվածից հետևում է, որ տեխնիկական առաջընթացի պայմաններում

բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ արգելակային ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի ստեղծումը ժամանակակից շփական նյութագիտության կարևոր գիտատեխնիկական նշանակություն ունեցող և արդիական հիմնխնդիրներից մեկն է:

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 բարձրաջերմաստիճանային շփման և մաշման մեխանիզմի և կինետիկայի բացահայտումը,

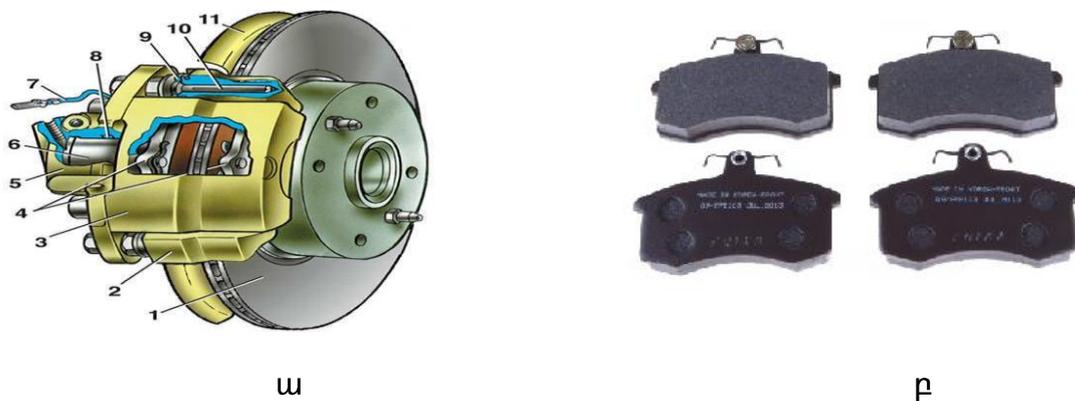
3. Հայաստանի բազմաբաղադրիչ հանքանյութերի թափոններից ստացված թելքերի և փոշիների կիրառմամբ բարձրջերմաստիճանային ռեժիմի պայմաններում աշխատունակ պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ կոմպոզիտային շփանյութի ստացման տեխնոլոգիայի մշակումը և կառուցվածքագոյացման գործընթացի ու հատկությունների հետազոտումը:

2. ԵԼԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ԸՆՏՐՈՒՄԸ, ՓՈՐՁԱԳԻՏԱԿԱՆ ՍԱՐՔԱՎՈՐՈՒՄՆԵՐԸ ԵՎ ՀԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻԿԱՆ

2.1. Ելանյութերի ընտրումը և դրանց բնութագրերը

Սույն հետազոտությունների նպատակը և խնդիրները պահանջում են փորձագիտական հետազոտումների համալիր մեթոդակարգի մշակում: Անհրաժեշտ է լուծել հետևյալ խնդիրները՝ 1-փորձնմուշների (արգելակների) ընտրություն, 2-ելանյութերի՝ փորձագիտական հետազոտությունների նպատակով շփանյութերի ընտրություն:

Փորձանմուշների (արգելակների) ընտրությունը: Նկատի ունենալով ՌԴ-ում արտադրվող Lada (BA3) մակնիշի մարդատար ավտոմեքենաների օգտագործման համեմատաբար մեծ աստիճանը ԱՊՀ անդամ երկրներում և դրանց սկավառակային արգելակների համար տարբեր երկրներում արտադրվող շփական ներդիրների լայն տեսականին՝ որպես փորձարկման բնական օբյեկտ ընտրվել են Lada (BA3) 2113 (Samara2) մակնիշի մարդատար ավտոմեքենայի առջևի կամրջակի սկավառակային արգելակները (նկ. 2.1, ա) [1]:



Նկ. 2.1. Lada (BA3) 2113 (Samara2) ավտոմեքենայի սկավառակային արգելակի ընդհանուր տեսքը (ա) և շփական ներդիրները (բ). 1-արգելակային սկավառակ, 2-ներդիրների ուղղորդ, 3-ենթակիր, 4-արգելակային ներդիրներ, 5-հիդրոգլան, 6-մխոց, 7-ներդիրների մաշվածության ազդանշանիչ, 8-անդացնող օղակ, 9-ուղղորդող մատ, 10-պահպանիչ պատյան

Արգելակային ներդիրները (նկ. 2.1, բ) արտադրվում են ինչպես ՌԴ, այնպես էլ եվրոպական մի շարք զարգացած երկրների (Անգլիա, Ֆրանսիա, Գերմանիա, Իտալիա

և այլն) արգելակային ներդիրների արտադրությամբ զբաղվող ֆիրմաների կողմից:
Արգելակների աշխատանքային ռեժիմները բերված են աղ. 2.1-ում:

Աղյուսակ 2.1

Lada (BA3) 2113 (Samara2) ավտոմեքենայի սկավառակային արգելակի աշխատանքային ռեժիմները

h/h	Աշխատանքային ռեժիմի անվանումը	Թվային արժեքը
1	Արգելակման առավելագույն արագությունը (ավտոմեքենայի 180 կմ/ժ շարժման դեպքում), մ/վ	31,9
2	Հիդրոհաղորդակի առավելագույն ճնշումը, ՄՊա	10
3	Արգելակման ուժի վերաբաշխման գործակիցն առջևի և հետևի անիվների միջև	1,35
4	Արգելակման ճանապարհը 80 կմ/ժ շարժման դեպքում, մ	ոչ ավել 39
5	Շփման մակերևույթի ջերմաստիճանային տիրույթը, °C	մինչև 750

Lada (BA3) 2113 (Samara2) մակնիշի ավտոմեքենաների սկավառակային արգելակների ընտրությունը պայմանավորված է նաև նրանով, որ ՌԴ-ում արտադրվող BA3 տիպի նոր մոդելների ավտոմեքենաներում (BA3 Лада Калина, Лада Ларгус, Лада Веста և այլն) ևս օգտագործվում են այդ արգելակները:

Փորձագիտական հետազոտությունների նպատակով շփանյութերի ընտրությունը: Ժամանակակից արգելակային շփանյութերում օգտագործվող զանազան լցուկները, կապակցող նյութերը և նպատակային շփական հավելումները՝ մի կողմից, և արգելակային սարքավորումների շահագործման բնութագրերը շրջակա միջավայրի հետ միասին՝ մյուս կողմից, միշտ զգալի ազդեցություն են ունենում արգելակների շփանյութերի աշխատունակության վրա: Ուստի տրված նպատակին հասնելու համար անհրաժեշտ է փորձագիտական հետազոտման ենթարկել շփանյութերի լայն տեսականի:

Նախորդ բաժնում բերված վերլուծության և շփական ներդիրների շահագործման փորձի հիման վրա որպես հետազոտման փորձնական շփանյութեր ընտրված են աղ. 2.2-ում բերված Textar, Bosch, ATE և Finwahle (Գերմանիա), Ferodo և Lucas (Անգլիա), ТИИР, Фритекс, ЕзАТИ (ՌԴ), Samko և Pilenga (Իտալիա) Dafmi (Ռուսաստան) հայտնի

Ֆիրմաների արտադրած և Lada (BA3) մեքենաների ավտոպահեստամասերի շուկայում լայն տարածում գտած արբեստազերծ արգելակային շփանյութերը:

Աղյուսակ 2.2

Lada (BA3) 2113 (Samara2) ավտոմեքենայի սկավառակային արգելակների շփական ներդիրների բնութագրերը

Մակնիշ	Բնութագրի անվանումը				Արտադրող Ֆիրման
	շփման գործակիցը «սառը» վիճակում	շփման գործակիցի նվազագույն արժեքը	արգելակման արդյունավետու- թյան կորստի վերականգնում, %	մաշումը, %	
1	2	3	4	5	6
591 700 B 	0,59	0,42	98	2,1.	Գերմանիա, Robert Bosch GmbH
2108-350108- 02 	0,46	0,33	80	3,2.	ՌԴ, ООО «ТЦ Тосол- Синтез»
311 FF KBA 60 793 0046 	0,58	0,43	85	2,3.	ATE Continental Teves
LMS116 90 R- 01107 	0,58	0,33	90	2,3.	LUCAS TRW Automotive
AOB0173 	0,52	0,34	85	2,7.	Allied Nippon

Աղ. 2.2-ի շարունակությունը

1	2	3	4	5	6
V210 	0,54	0,35	90	2,4.	Գերմանիա, Finwhale
FDB 527 	0,56	0,42	100	2,4.	FERODO Federal Mogul
RX2040 	0,48	0,33	85	2,7.	RIXENBERG Continental Teves
FD-P- 2003 	0,52	0,36	85	3,1.	Իտալիա, PILENGA
2108-3501080 	0,44	0,33	90	3,1.	Ռուսաստան, ДАФМИ
2108-350108-02. 	0,48	0,36	80	2,3.	ՌԴ, ТИИР

Հետազոտվող շփանյութերի հատկությունները, օգտագործման ոլորտները և արտադրման հարցերը ուսումնասիրված են [72, 127,128] աշխատանքներում: Դրանք դասական բազմաբաղադրիչ կոմպոզիտային պոլիմերային շփանյութեր են, լցուկների բազմաթիվ տեսակներով, և ուսումնասիրելիս հնարավոր է լինում համատեղել և միաժամանակ հաշվի առնել տարբեր տիպի լցուկների դերը և ազդեցությունը:

Ելանյութերի ընտրությունը: Արգելակային շփանյութերի արտադրությունում օգտագործում են բավականին մեծ թվով կապակցող նյութեր, ամրանավորող տարրեր,

տարբեր նյութերի փոշիներից բաղկացած շփման և մաշման գործընթացները կարգավորող նպատակային լցուկներ, տեխնոլոգիական ռեժիմները լավարկող նյութեր և հատուկ նշանակությամբ հավելանյութեր: Ընդհանուր դեպքում դրանց դասակարգումը կատարվում է ըստ նկ. 1.4-ում բերված համակցված պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ շփանյութերի բաղադրության:

«Տարածքում գտնվող հանքանյութերի բազմաբաղադրիչ թափոնների կիրառմամբ ասբեստազերծ արգելակային ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի ստացման տեխնոլոգիայի մշակման նպատակով, հետազոտությունների համար ընտրվել են շփանյութերում օգտագործվող հետևյալ ելանյութերը (աղ. 2.3):

Աղյուսակ 2.3

Փորձագիտական հետազոտությունների ելանյութերը

h/h	Ելանյութի անվանումը		Ստանդարտը
1	Կապակցող նյութեր	Ֆենոլֆորմալդեհիդային խեժ СФ 010А	ГОСТ 18694-80*
		բուտադիեն-նիտրիլային կաուչուկ NBR	ГОСТ Р 54556-2011 ТУ 38.30313-2006
2	Հայկական հանքանյութերի թելքեր և փոշիներ	ապակեթելք	ГОСТ Р 53237-2008
		բազալտաթելք	ГОСТ 4640-2011
		մարմարի փոշի	«Վոտայքի, Արարատի և Սյունիքի մարզերի մարմար
3	Անօրգանական լցանյութեր	բարիտային խտանյութ	ГОСТ 4682-84
		տիտանի երկօքսիդ	ГОСТ 9808-84
		հեղուկ ապակի	ГОСТ 13078-81
4	Շփման և մաշման կարգավորիչներ	պղնձի փոշի ПМС-1	ГОСТ 4960-2009
		Գրաֆիտ ГЛ-1	ГОСТ Р 52729-2007
		նատրիումի տետրաբորատ	ГОСТ 8429-77

Արգելակային շփանյութերի բաղադրակազմերում մարմարի փոշին օգտագործվել է առաջին անգամ: Մարմարը միջին կարծրության մետամորֆիկ լեռնային քարատեսակ է, որը կազմված է հիմնականում կալցիտից (CaCO₃) և նրա որոշ տեսակներից՝ առավելապես դոլոմիտից: Սովորաբար պարունակում է նաև այլ միներալներ (գրաֆիտ, հեմատիտ, լիմոնիտ, պիրիտ, քվարց և այլն): Մարմարի

ամենակարևոր հատկություններից են բնապահպանական տեսակետից մաքուր լինելը և աղմուկը կլանելու հատկությունը:

Փորձագիտական հետազոտություններում օգտագործվել են << տարածքում գտնվող հանքանյութերից ստացված 10...15 մկմ տրամագծով և 100...350 մկմ երկարությամբ բազալտաթելքեր և ապակեթելքեր: Դրանց կիրառման հնարավորությունը ասբեստազերծ արգելակային շփանյութերում ուսումնասիրված է [5, 10, 125] աշխատանքներում, և ապացուցված է, որ բազալտաթելքն ու ապակեթելքը ասբեստաթելքին փոխարինող և արդյունավետություն ապահովող տարրեր են:

2.2. Փորձագիտական հետազոտությունների սարքավորումները և հետազոտման մեթոդիկան

Փորձագիտական հետազոտությունների սարքավորումները: Արգելակային սարքավորումների աշխատունակությունը որոշվել է լաբորատոր և ստենդային փորձագիտական հետազոտություններով [5, 7, 74, 128, 129]:

Լաբորատոր փորձարկումներն իրականացվել են շփանյութերի շփագիտական հատկությունների և բնութագրերի որոշման եղանակով: Փորձարկման սարքերի պարզությունը, տվյալների ձեռքբերման արագությունը և փորձարկման համեմատաբար ցածր արժեքը դրանք դարձնում են առավել նպատակահարմար: Շփման գործընթացների ֆիզիկական նմանակման և ռեժիմների մոդելավորման մեթոդների առավել ամբողջական կիրառման շնորհիվ հնարավոր է լինում կատարել շփանյութի աշխատունակության նախնական գնահատում: Եթե փորձարկվող շփանյութերը լաբորատոր փորձարկումների արդյունքում ցուցաբերում են ոչ բավարար աշխատունակություն, ապա ստենդային և բնական փորձարկումներ չեն կատարվում:

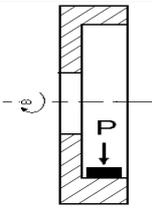
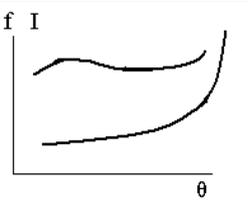
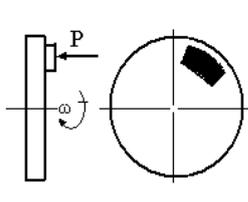
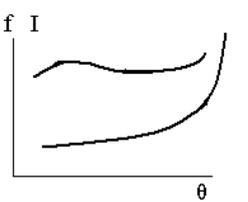
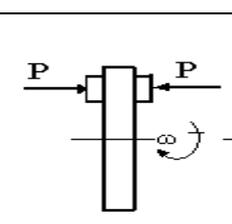
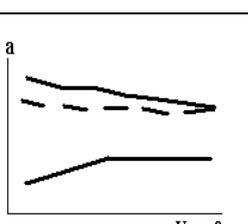
Ստենդային փորձարկումները կատարվել են բնական արգելակային հանգույցներով անշարժ սարքավորումների՝ ստենդների վրա: Ելնելով արգելակային հանգույցներին վերաբերող ստանդարտների պահանջներից՝ վերարտադրվում են արգելակների շփագույգերի առավել կարևոր շահագործման պայմանները: Ստենդային փորձարկումների արդյունքներն ընդգրկում են շփանյութերի աշխատունակության

գնահատման նորմատիվային պարամետրերը:

Սույն հետազոտությունների շրջանակում առաջադրված խնդիրների լուծման նպատակով, ելնելով ՀԱՊՀ «Շփագիտություն» բազային գիտահետազոտական լաբորատորիայում առկա սարքավորումների տեխնիկական բնութագրերից, ընտրվել են սարքավորումներ, և մշակվել է փորձագիտական հետազոտությունների ծրագիրը (աղ. 2.4):

Աղյուսակ 2.4

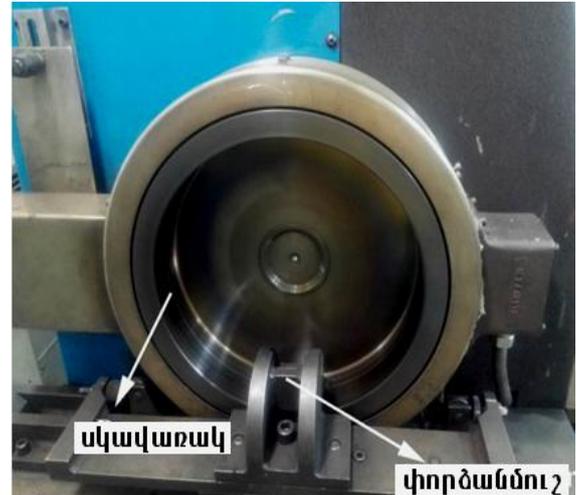
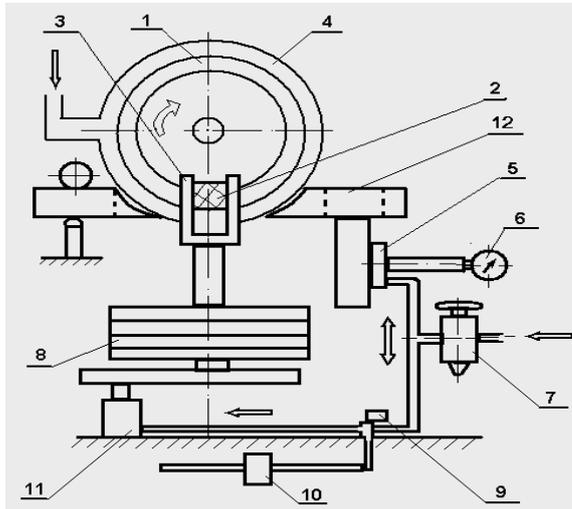
Փորձագիտական հետազոտությունների ծրագիր

Արգելակի տիպը	Փորձարկումների պայմաններ (սարքավորում)	Շփագույգի սխեմա	$K_{վգ}$	Ելքային բնութագրերը
Lada (BA3) 2113 (Samara2)	Համեմատական ստանդարտային փորձարկումներ (FM-9)		0,2	
	Մոդելավորված ռեժիմներով փորձարկումներ (M-32M)		0,104	
	Բնական փորձարկումներ իներցիոն ստենդի վրա (TC-1)		0,104	

Ծանոթություն. $K_{վգ}$ -ն փոխադարձ վրաձածկման գործակիցն է, f -ը՝ շփման գործակիցը, θ -ն՝ մակերեսային ջերմաստիճանը, I -ն՝ մաշման ուժգնությունը, V -ն՝ սահքի արագությունը, a -ն՝ դանդաղեցումը:

Լաբորատոր շփման FM-9 մեքենան նախատեսված է շփանյութերի լաբորատոր փորձարկումների համար՝ ըստ ГОСТ Р ИСО 7881-94 [98] պահանջների: Մեքենայի շփման հանգույցը (նկ. 2.2) բաղկացած է 1 մետաղական թմբուկից, որին 8 բեռով սեղմվում է 25,4 x 25,4 մմ չափերով շփանյութի նմուշը: Նախատեսված է թմբուկի

տաքացում 4 էլեկտրատաքացուցիչի միջոցով: Շփանյութի բեռնավորումը կատարվում է 11 պնևմատիկ գլանի, 5 ժամանակի ռելեի և 7 փականի միջոցով՝ համաձայն մշակված ծրագրի: Օդի ճնշումը գրանցվում է 6 մանոմետրով, իսկ շփման մոմենտի արժեքները որոշվում են 12 ուժաչափիչ ձողով: Փորձարկման փուլերը և ռեժիմային պարամետրերը, համաձայն ГОСТ Р ИСО 7881-94 պահանջների բերված են աղ. 2.5 –ում:



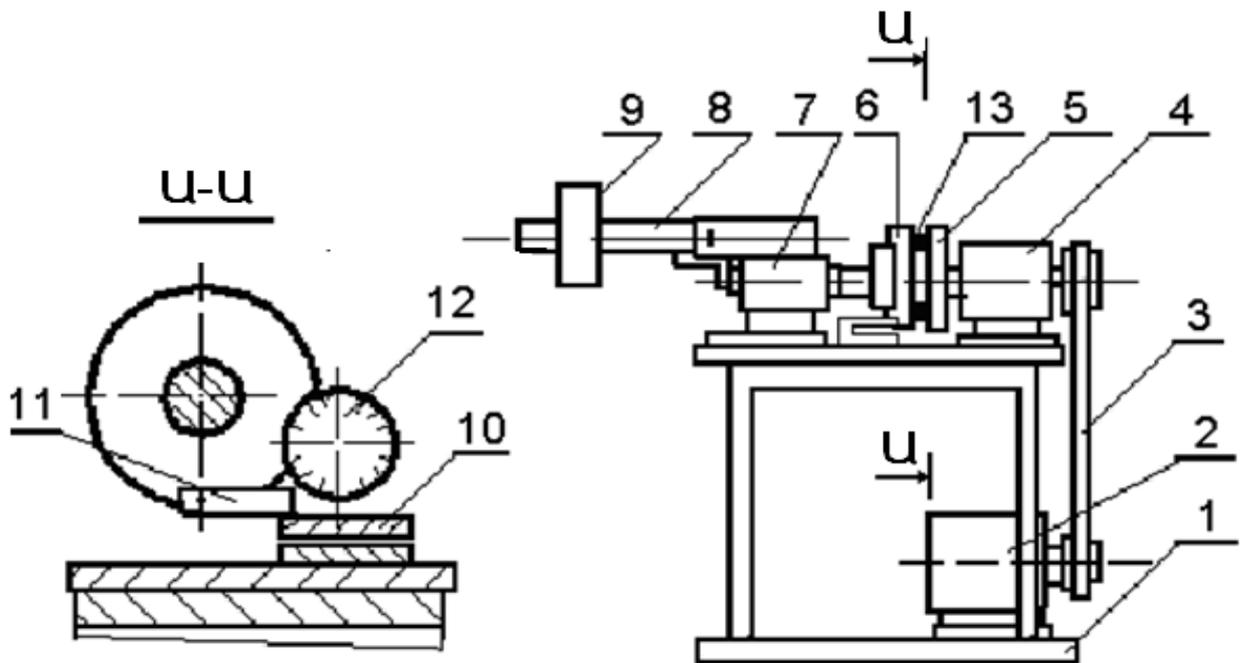
Նկ. 2.2. FM-9 լաբորատոր շփման մեքենայի հանգույցի սխեման և ընդհանուր տեսքը 1-արգելակային թմբուկ, 2-շփանյութի նմուշ, 3-բռնիչ, 4-էլեկտրատաքացուցիչ, 5- ժամանակի ռելե, 6-մանոմետր, 7-փական, 8-փոփոխական բեռներ, 9-սուլենոիդային փական, 10-հակադարձ փական, 11-պնևմատիկ գլան, 12- ուժաչափիչ ձող

Աղյուսակ 2.5

Փորձարկման փուլերը և ռեժիմային պարամետրերը՝ ըստ ГОСТ Р ИСО 7881-94 –ի պահանջների

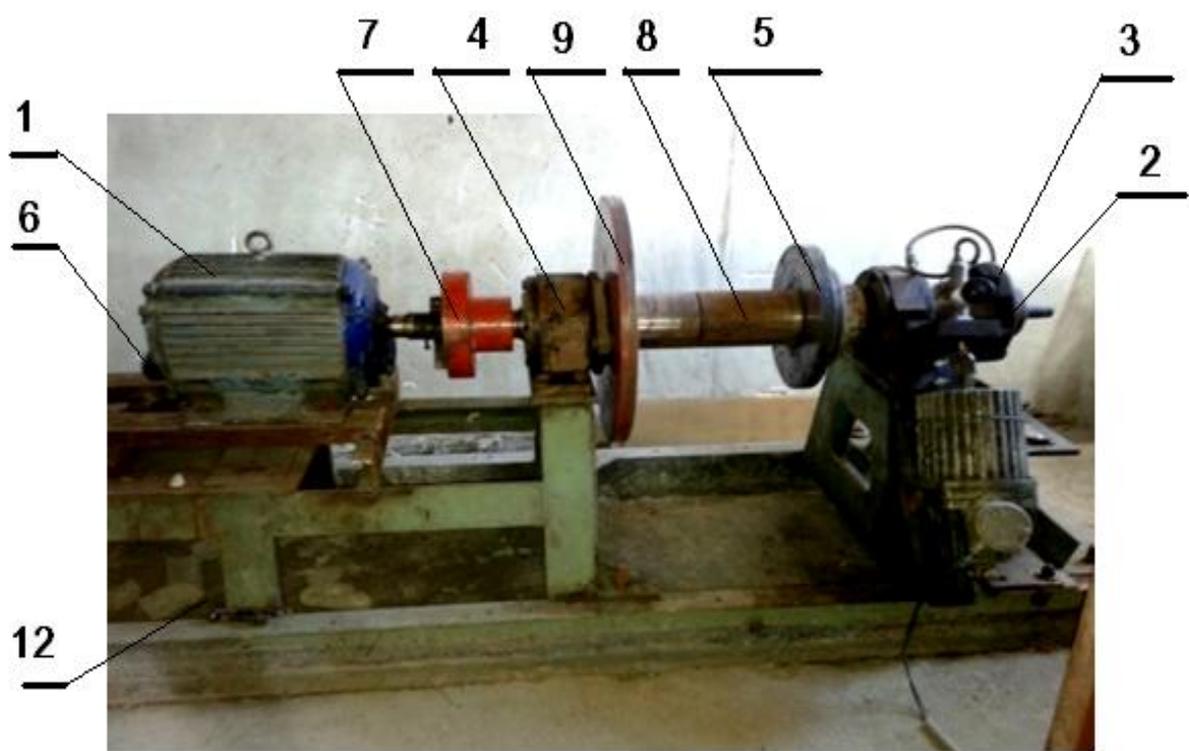
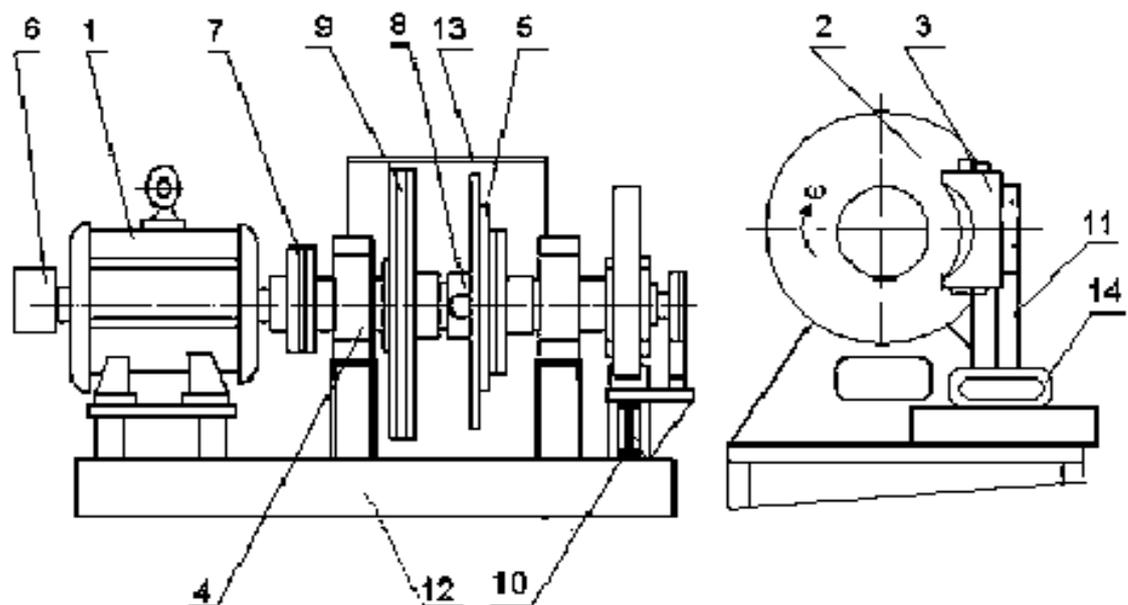
Փորձարկման փուլերը	Ռեժիմային պարամետրերը	
	Ճնշումը, ՄՊա	Ջերմաստիճանը, °C
Արգելակման արդյունավետության կորստի 1- ին որոշում	1,5	350
Արգելակման արդյունավետության կորստի 2-րդ որոշումը	3,0	400
Շփման գործակիցի միջին արժեքի որոշումը իզոցերմային շփման ռեժիմում	3,0	150
Շփման գործակիցի միջին արժեքի որոշումը տաքացման շփման ռեժիմում	3,0	450

Լաբորատոր շփման սկավառակային N-32M մեքենան (նկ. 2.3) նախատեսված է շփանյութերի ուժգին մաշման ռեժիմում փորձարկումներ կատարելու համար: Այն ունի 1 հենոց՝ անշարժ 4 և շարժական 7 թամբերով: Անշարժ թամբում տեղակայված է լիսեռ, որի մի ծայրում գտնվում է փոկանիվը, մյուս ծայրում՝ 5 սկավառակը: Սկավառակի պտույտն իրականացվում է 2 էլեկտրոշարժիչից 3 սեպափոկային փոխանցմամբ: Սկավառակին սեղմվում են 13 շփանյութի նմուշները, որոնք տեղակայված են 6 բռնիչի մեջ: Ճնշումը նրանց վրա ստեղծում է 9 բեռի միջոցով 8 լծակային համակարգով: Շփման մոմենտը չափվում է Պ-ձև 10 դինամոմետրով, որի ծայրին հենված է 6 բռնակի հետ կոշտ միացված 11 լծակը: Շփման մոմենտի թվային արժեքները ֆիքսվում են 12 ինդիկատորի միջոցով: Սահքի արագությունը վերահսկվում է տախոմետրով, իսկ ջերմաստիճանը՝ շփանյութի նմուշի անցքի մեջ տեղադրված ջերմազույգով:



Նկ. 2.3. N-32M սարքավորման սխեման; 1-հենոց, 2-էլեկտրոշարժիչ, 3-փոկային փոխանցում, 4-անշարժ թամբ, 5-սկավառակ, 6-բռնիչ, 7-շարժական թամբ, 8-լծակ, 9-բեռ, 10-դինամոմետր, 11-լծակ, 12-ինդիկատոր, 13-շփական նմուշներ

ՏԸ-1 (նկ. 2.4.) իներցիոն ստենդը նախատեսված է Lada (BA3) 2113 (Samara2) ավտոմեքենաների սոջևի կամրջակի սկավառակային արգելակների շփազույգերի բնական փորձարկումների համար [10]:



Նկ.2.4. TC-1 իներցիոն ստենդի սխեման և ընդհանուր տեսքը.

1-էլեկտրաշարժիչ, 2-արգելակային սկավառակ, 3-փորձարկվող արգելակի իրան, 4-հենարաններ, 5-պտտվող իներցիոն զանգվածներ, 6-տախտգեներատոր, 7-կցորդիչ, 8-լիսեռ, 9-անշարժ իներցիոն զանգվածներ, 10-արգելակի տեղակայման կանգնակ, 11-դինամիկական լծակ, 12-հիմք, 13-պաշտպանիչ պատյան, 14-դինամոմետր

1 էլեկտրաշարժիչից շարժումը 7 կցորդիչով փոխանցվում է 8 լիսեռին, որը պտտվում է 4 հենարաններում: Լիսեռի վրա կոշտ տեղակայված են 9 իներցիոն

զանգվածները (դրանց մի մասը, կախված հաշվարկային բերված իներցիայի մոմենտից, ոչ աշխատանքային վիճակում լիսեռի հետ կոշտ կապ չունի): Լիսեռին կոշտ ամրացված է 2 արգելակային սկավառակը: Արգելակի իրանը տեղադրված է 10 կանգնակի վրա, որը կարող է տեղաշարժվել առանցքային ուղղությամբ, ինչպես նաև պտտվել իր առանցքի շուրջը, փոխանցելով արգելակում առաջացած մոմենտը 11 դինամիկական լծակին: Ստենդը տեղադրված է 12 հիմքի վրա, ապահովված է 6 տախոգեներատորով և հեռակառավարման վահանակով:

Ստենդի աշխատանքը կատարվում է հետևյալ կերպ: Արգելակի իրանը հետազոտվող ներդիրներով հենոցի միջոցով համադրվում է արգելակային սկավառակի հետ: Բեռնավորվող անհրաժեշտ զանգվածները կոշտ ամրացված են լիսեռի վրա և սահուն թափ են առնում: Պտտման տրված արագությանը հասնելով՝ անջատվում է էլեկտրաշարժիչը, և միանում է արգելակային սարքավորումը: Լիսեռի պտտման արագությունը նվազում է մինչև տրված մեծություն կամ լրիվ կանգառը: Հետագայում ցիկլը կրկնվում է՝ ըստ հետազոտման ընդունված փուլերի և ռեժիմների (աղ. 2.6), ելնելով [70-72] ստանդարտների պահանջներից:

Աղյուսակ 2.6

Ստենդային փորձարկումների փուլերը և ռեժիմները

№	Փորձարկման փուլերը	Պարամետրերը			
		արգելակման սկզբնական արագությունը՝ V, մ/վ	ներդիրի ջերմաստիճանը՝ θ , °C	արգելակման պարբերականությունը՝ t, վ	արգելակումների քանակը, Z
1	2	3	4	5	6
1	Զելում	22,2	մինչև 100 °C	—	—
2	Արգելակման արդյունավետության առաջին որոշումը	11,1 22,2 31,9	սկզբնական 50 °C	—	3 3 3
3	Արգելակման արդյունավետության կորստի առաջին որոշումը	31,9	սկզբնական 50 °C	60	15

Աղ.2.6-ի շարունակությունը

1	2	3	4	5	6
4	Արգելակման արդյունավետության վերականգնման առաջին որոշումը	31,9	սկզբնականը՝ 3-րդ կետի արգելակման 15-րդ θ մինչև 100 °C	50 °C հովացմամբ	3 ամեն մի θ -ի դեպքում
5	Արգելակման արդյունավետության երկրորդ որոշումը	31,9	սկզբնական 100 °C	60	15
6	Արգելակման արդյունավետության վերականգնման երկրորդ որոշումը	31,9	սկզբնականը՝ 5-րդ կետի արգելակման 15-րդ θ մինչև 100 °C	50 °C հովացմամբ	3 ամեն մի θ -ի դեպքում
7	Ներդիրների մաշակայունության որոշումը	31,9... 13,4	սկզբնականը՝ 100 °C մինչև 200 °C	—	15
8	Արգելակման արդյունավետության կորստի երրորդ որոշումը	31,9	սկզբնական 100 °C	60	15
9	Արգելակման արդյունավետության վերականգնման երրորդ որոշումը	31,9	սկզբնականը՝ 8-րդ կետի արգելակման 15-րդ θ մինչև 100 °C	50 °C հովացմամբ	3 ամեն մի θ -ի դեպքում
10	Արգելակման արդյունավետության երկրորդ որոշումը	11,1 22,2 31,9	սկզբնական 50 °C	—	3 3 3

Փորձագիտական հետազոտությունների մեթոդակարգի մշակումը: Ընտրված փորձարարական սարքավորումները տարբերվում են իրենց կառուցվածքով, շփական հանգույցների երկրաչափական չափերով և փորձարկման ռեժիմներով: Հետևաբար՝ այդ սարքավորումների վրա ստացված փորձնական տվյալները նույնպես տարբեր կլինեն, ինչը դժվարացնում է ստացված տեղեկատվության մշակումը: Անհրաժեշտ է ստեղծել կապ լաբորատոր ստենդային և բնական փորձարկումների ռեժիմային պարամետրերի միջև, մոդելավորել շփական գործընթացներն ընտրված

սարքավորումների վրա: Շփական գործընթացների ֆիզիկական մոդելավորման գիտական ուղղությունն ուսումնասիրված է [5, 41] աշխատանքներում:

Արգելակներում շփման և մաշման մոդելավորման ժամանակ արդյունավետ արդյունքներ են ստացվում, եթե որպես հայտնի պարամետր ընտրված է նմուշների կոմպլեքս երկրաչափական բնութագիրը, որը միավորում է մոդելի և բնականի տրված մակրոերկրաչափական պարամետրերը:

$$C_r = \frac{S_1 \cdot S_2}{S'_1 \cdot S'_2} \cdot \frac{A'_{a1} \cdot A'_{a2}}{A_{a1} \cdot A_{a2}} : \quad (2.1)$$

Այստեղ $S_{1,2}$ բնութագրում է կոնտակտվող մարմինների երկրաչափական չափերը և ջերմատու մակերևույթի հարաբերությունն է ջերմակլանող ծավալին (շտրիխով պարամետրը վերաբերում է մոդելին):

Նմանության չափորոշիչների մեթոդիկայով ստացվել է շփանյութերի մաշման գործընթացի նմանության պարամետրերի ընդհանուր համակարգ: Ընդ որում, հիմնական են ընդունվել զանգվածի, երկարության, ժամանակի, ջերմաստիճանի միավորները, իսկ բազիսային՝ բեռնվածությունը, սահքի սկզբնական արագությունը, շփման անվանական մակերեսը, ջերմաստիճանի անկումը: Բնականից մոդելին անցման մասշտաբային գործակիցներն արտահայտվել են C_r -ով, և տրված տարբերակի համար ստացված են անցման գործակիցներ՝

$$\begin{aligned} C_V &= C_r^{1/2} = C_{Pa}; & C &= C_r^2; \\ C_{Fn} &= C_P = C_r = C_{Rz} = C_E = C_{HB} = C_Z = C_W = 1; \\ C_\lambda &= C_c = C_\eta = C_{g\beta} = C_V = 1; & C_{\Delta\theta} &= C_t = C_r^{-1/3}; \\ C_{V\theta} &= C_u = 1; & C_{W_{\text{тп}}} &= C_r^{1/2}; & C_L &= C_r^{-1/6}; \\ C_{W_n} &= C_r^{1/6}; & C_{V_{\text{max}}} &= C_{\Delta h} = 1; & C_S &= C_r^{-1/3}, \end{aligned} \quad (2.2)$$

որտեղ $C_m = m'/m$, $C_V = V'/V$ և այլն (շտրիխով պարամետրերը վերաբերում են մոդելային փորձարկումներին, իսկ առանց շտրիխինը՝ բնականին):

Մաշման գործընթացի մոդելավորման նպատակով բեռնավորման կրկնվող – կարճաժամկետ ռեժիմի դեպքում հաշվարկվել են անցումային գործակիցներ երկու բեռնավորման տևողության $C_{\text{тохл}}$ և աշխատանքային ցիկլի ժամանակի C_Φ միջև:

$$C_{\text{toxл}} = \frac{C_{Wmn} \cdot C_m}{C_{Wn} \cdot C_A \cdot C_k} : \quad C_{\phi} = \frac{C_k^{0.65} \cdot C_B^{0.25} \cdot C_d^{0.96}}{C_t^{0.5} \cdot C_V^{1.04} \cdot C_h^{0.6}} : \quad (2.3)$$

Այստեղ C_k , C_B , C_d , C_h , C_{Wn} , C_m , $C_{W\text{тп}}$, և C_A – ջերմատվության հարաբերական մակերեսի արգելակային սկավառակի հարաբերական լայնության, շփման մակերևույթի տրամագծի, ժամում արգելակումների թվի, աշխատանքի, կուտակված ջերմությունը հաշվի առնող զանգվածի, սառեցման մակերեսի սիմպլեքսներն են: Մոդելային գործընթացը կլինի բնականին նման, եթե երկու դեպքերում էլ առկա են նմանատիպ շփական կապեր: Բազիսային պարամետրերը և սահմանային պայմանները բերված են աղ. 2.7-ում:

Աղյուսակ 2.7

Բնական փորձարկումներից մոդելայինին անցման մասշտաբային գործակիցները

Հաշվարկների տարբերակները	Մասշտաբային գործակիցները					
	C_{Fn}	C_V	C_t	$C_{W\text{тп}}$	$C_{\Delta\theta}$	$C_{\Delta h}$
1. Բազիսային պարամետրերը՝ $F_n, W\text{тп}, t, C_r$ Սահմանային պայմանները՝ $C_{Pa} = C_V = C_{\Delta\theta} = 1$	$C_r^{1/3}$	C_r^0	$C_r^{1/6}$	$C_r^{1/2}$	C_r^0	$C_r^{1/6}$
2. Բազիսային պարամետրերը՝ $V, F_n, \Delta\theta, C_r$ Սահմանային պայմանները՝ $C_{Pa} = C_r = C_{\psi} = 1$	$C_r^{1/6}$	$C_r^{1/6}$	C_r^0	$C_r^{1/3}$	$C_r^{1/30}$	$C_r^{1/6}$
3. Բազիսային պարամետրերը՝ $W\text{тп}, C, e, C_r$ Սահմանային պայմանները՝ $C_{Pa} = C_t = C_{\psi} = 1$	$C_r^{1/6}$	$C_r^{1/6}$	C_r^0	$C_r^{1/3}$	$C_r^{1/30}$	$C_r^{1/6}$
4. Բազիսային պարամետրերը՝ F_n, t, C, C_r Սահմանային պայմանները՝ $C_{\Delta\theta} = C_r = C_{\psi} = 1$	$C_r^{7/100}$	$C_r^{1/2}$	$C_r^{3/100}$	$C_r^{1/100}$	C_r^0	$C_r^{1/6}$

Շփման հանգույցների երկրաչափական պարամետրերի կոմպլեքսի արժեքները, բնականից մոդելայինին անցման մասշտաբային գործակիցների մեծությունները և ռեժիմային պարամետրերը բերված են աղ. 2.8.–ում: Շփման գոտում պահպանվում է կայուն ճնշում՝ հավասար 0,6 ՄՊա (չափավոր մաշման ռեժիմ) կամ 2 ՄՊա (ուժգին մաշման ռեժիմ): Փորձարկումներից առաջ և հետո ամեն աստիճանի վրա անց է կացվում շփման զույգերի զննում, անալիտիկ կշեռքով չափվում է նմուշների զանգվածի կորուստը, և հաշվարկվում է ներգետիկ մաշման ուժգնությունը ըստ հետևյալ բանաձևի՝

$$I_W = \Delta G / 37, 5 \cdot f_{cp} \cdot L, \quad (2.4)$$

որտեղ $f_{\text{սիշ}}$ -ը տվյալ աստիճանում շփման միջին գործակիցն է; ΔG -ն՝ զանգվածի կորուստը, L -ը՝ շփման ճանապարհը:

Աղյուսակ 2.8

Երկրաչափական պարամետրերի կոմպլեքսները, անցումների մասշտաբային գործակիցները և տարբեր փորձարկումների ռեժիմային պարամետրերը

Փորձարկում	Պ ա ր ա մ ե տ ր ե ր					
	արգելակում-ների լրիվ ժամանակը (քանակը), րոպե	Բեռնավորում, F_n , Ն	սահքի արագութ., V , մ/վ	տեսակարար ճնշումը, P_a , ՄՊա	արգելակման աշխատանքը, $W_{\text{տ}}$, Ջ	իներցիայի մոմենտը, I , կգ·մ·վ ²
Մոդելային (Ո-32Մ)	–	842	16,7	2,0	–	–
Բնական (ՏՇ-1)	Ըստ ծրագրի	1620	11,1 22,2 31,9	–	2820	3,34

Lada (BA3) 2113 (Samara2) մակնիշի մեքենայի սկավառակային արգելակի շփանյութի ուժգին մաշման ռեժիմում փորձարկումները կատարվել են Ո-32Մ տիպի շփման մեքենայի վրա ռեժիմային պարամետրերի ֆիզիկական մոդելավորման եղանակով: Փորձերի տևողությունը որոշվել է՝ կախված փորձարկվող շփանյութի տիպից՝ ջերմադինամիկական վերլուծության համար 60 մգ մաշման հատիկներ ստանալու պայմանով [130]: Փորձարկումների ընթացքում չափվել են շփման մոմենտը, գծային մաշումը և մակերևույթների ջերմաստիճանը:

Սկավառակային արգելակի աշխատունակության հետազոտությունները ՏՇ-1 ստենդի վրա անց են կացվել ստենդային և շահագործական պարամետրերի համաձայնեցման պայմաններում (արգելակման սկզբնական արագություն, արգելակային համակարգում տեսակարար ճնշում, շփման գոտու ջերմաստիճան) լիսեռի պտտման համապատասխան հաճախականության ժամանակի հաշվարկման և իներցիոն զանգվածների անհրաժեշտ քանակի տեղադրման ճանապարհով:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆ

1. Հիմնական նպատակին հասնելու համար լուծվել են փորձարկման բնական օբյեկտների (արգելակների) և հետազոտությունների շփանյութերի ընտրության խնդիրները: Նկատի ունենալով ՌԴ-ում արտադրվող Lada (BA3) մակնիշի մարդատար ավտոմեքենաների օգտագործման համեմատաբար մեծ աստիճանը ԱՊՀ անդամ երկրներում և դրանց սկավառակային արգելակների համար արտադրվող շփական ներդիրների լայն տեսականին՝ որպես փորձարկման բնական օբյեկտ ընտրվել են Lada (BA3) 2113 (Samara2) մակնիշի մարդատար ավտոմեքենայի առջևի կամրջակի սկավառակային արգելակները: Որպես հետազոտման փորձնական շփանյութեր ընտրվել են Textar, Bosh, ATE և Finwagle (Գերմանիա), Ferodo և Lucas (Անգլիա), ТИИР, Фритекс, ЕзАТИ (ՌԴ), Samko և Pilenga (Իտալիա) Dafmi (Ռուսիան) հայտնի ֆիրմաների արտադրած և Lada (BA3) մեքենաների ավտոպահեստամասերի շուկայում լայն տարածում գտած ասբեստազերծ արգելակային շփանյութերը:

2. ՀՀ տարածքում գտնվող հանքանյութերի բազմաբաղադրիչ թափոնների կիրառմամբ պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ արգելակային ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի ստացման տեխնոլոգիայի մշակման նպատակով՝ հետազոտությունների համար առաջին անգամ ընտրվել է մարմարի փոշին: Օգտագործվել են Հայաստանի հանքանյութերից ստացված բազալտաթելքեր և ապակեթելքեր:

3. Առաջադրված խնդիրների լուծման նպատակով, ելնելով ՀԱՊՀ «Շփագիտություն» բազային գիտահետազոտական լաբորատորիայում առկա սարքավորումների տեխնիկական բնութագրերից, ընտրվել են համապատասխան սարքավորումներ, և մշակվել է փորձագիտական հետազոտությունների ծրագիր: Մշակվել է փորձագիտական հետազոտությունների մեթոդակարգ՝ ելնելով ընտրված սարքավորումների վրա շփական գործընթացների ֆիզիկական մոդելավորման սկզբունքներից:

Փորձարկման համար ընտրված սարքավորումները, մշակված մեթոդիկական և ծրագիրը թույլ են տալիս իրականացնել ուսումնասիրվող արգելակի շփագույգերի համալիր փորձագիտական հետազոտություններ:

3. ԲԱԶՄԱԲԱՂԱԴՐԻՉ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՄԲ ԱՍԲԵՍՏԱԶԵՐԾ
ԱՐԳԵԼԱԿԱՅԻՆ ԶԵՐՄԱԿԱՅՈՒՆ ԿՈՄՊՈԶԻՏԱՅԻՆ ՇՓԱՆՅՈՒԹԵՐԻ
ՍՏԱՑՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

3.1. Շփման գործակցի կախվածությունը շահագործման
բնութագրերից

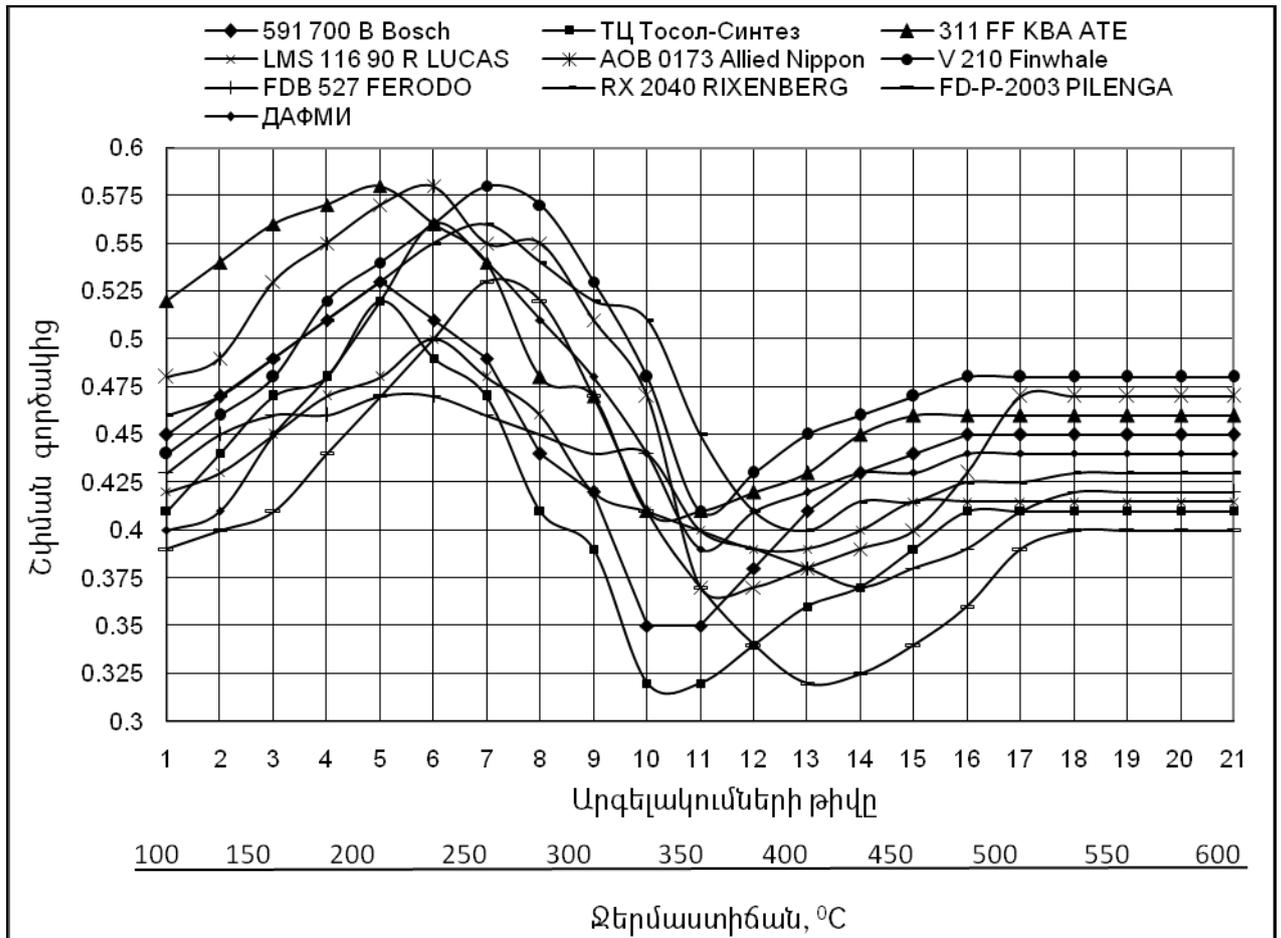
Արգելակային շփանյութերի գործարկման ընթացքում շփահպակի տիրույթում կտրուկ բարձրանում է ջերմաստիճանը, մակերևութային շերտերը ենթարկվում են դեֆորմացումների, և անվերականգնելիորեն փոփոխվում են շփանյութերի հատկությունները: Այդ գործընթացների դինամիկան և ուժգնությունը կանխորոշում են մակերևութային շերտերի քայքայման դիմադրողականությունը, ինչպես նաև բնութագրում են շփանյութի աշխատունակությունը: Արգելակային հանգույցի աշխատունակության գնահատման տեսակետից չափազանց կարևոր է շփանյութերի շփման գործակցի (ավտոմեքենայի դանդաղեցման, արգելակային մոմենտի) վրա ջերմային ռեժիմի ազդեցության հետազոտումը:

Համաձայն մշակված մեթոդիկայի՝ FM-9 սարքավորման վրա փորձարկման են ենթարկվել 2.1-ում ընտրված շփանյութերը: Բացահայտվել են դրանց շփման գործակիցների կախվածությունը շահագործման բնութագրերից (ավտոմեքենայի շարժման արագություն, շփահպակի ջերմաստիճան, արգելակման հաճախություն, տեսակարար ճնշում): Նկ. 3.1-ում բերված են շփանյութերի շփման գործակիցների կախվածությունները մակերևութի ջերմաստիճանից և արգելակումների թվից:

Արգելակային նյութերի շփման գործակիցները, ջերմաստիճանի բարձրացմանը զուգընթաց, աճում են և 220...280 °C պայմաններում հասնում առավելագույնին: Զերմային ռեժիմի հետագա բարձրացումը՝ մինչև 330...400 °C ջերմաստիճանները, նպաստում է շփման գործակիցների անկմանը, սակայն ջերմաստիճանի հետագա բարձրացումը կրկին հանգեցնում է շփման գործակիցների արժեքների աճին:

Ամենաբարձր ցուցանիշներ ապահովում են 591 700 B Bosch մակնիշի արգելակային կոճղակների շփանյութերը: Առավելագույն շփման գործակիցը (0,58) նկատվում է 250 °C ջերմաստիճանի պայմաններում, իսկ նվազագույն արժեքը (0,41)՝

350 °C դեպքում, որը գերազանցում է մնացած շփանյութերի շփման գործակիցների միջին արժեքները:

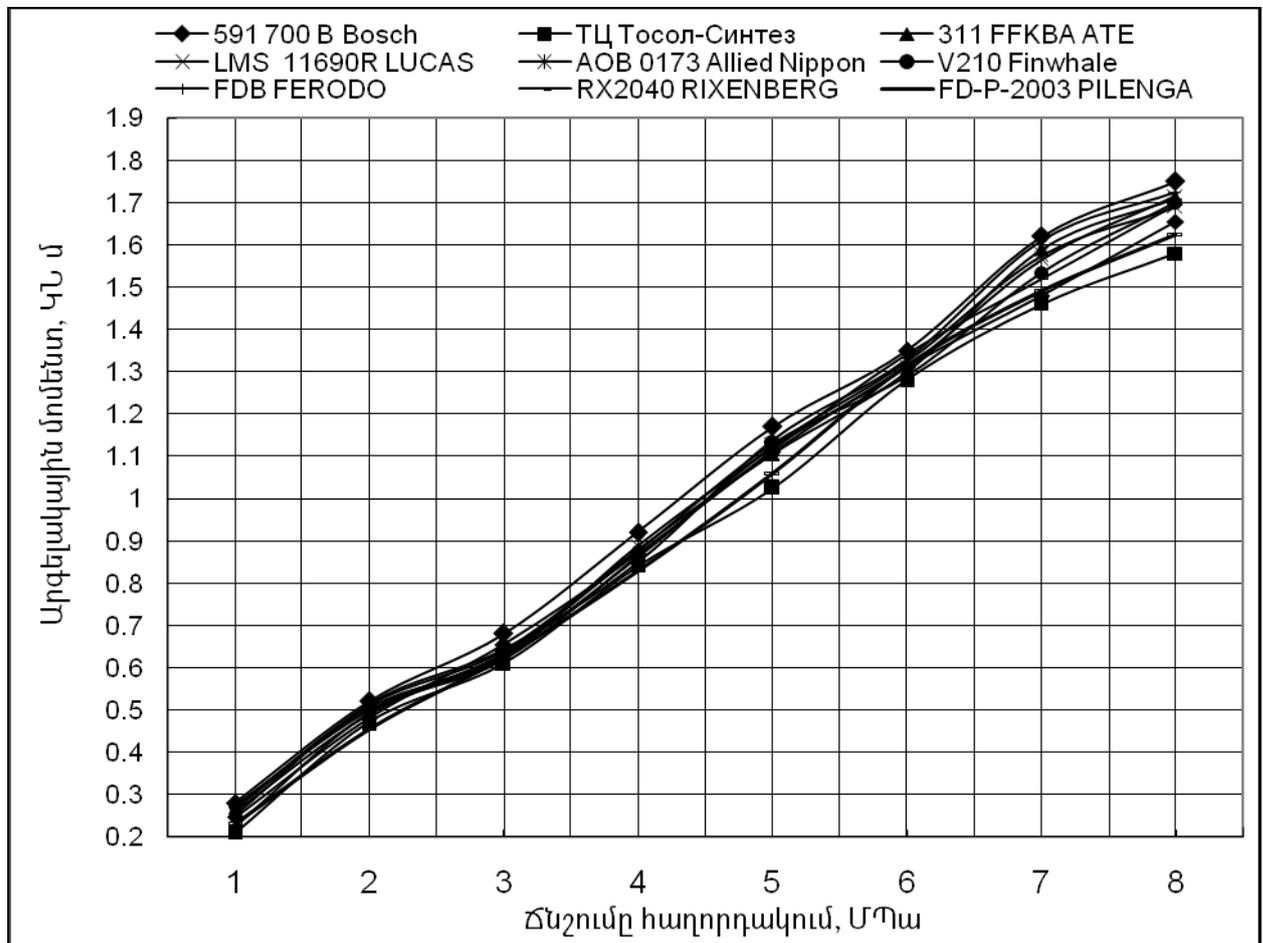


Նկ. 3.1. Տարբեր շփանյութերի շփման գործակցի կախվածությունը մակերևույթի ջերմաստիճանից և արգելակումների թվից

Մեքենայի դանդաղեցումը (արգելակային մոմենտ) արգելակի կարևոր շահագործական բնութագիր է: Դրա արժեքը, մեքենայի տիպից կախված ստանդարտացված է, և շփանյութեր արտադրողները տեխնիկական տվյալների ցանկում պարտադիր ներկայացնում են առաջարկվող արժեքները: Համաձայն մշակված մեթոդիկայի՝ TC-1 իներցիոն ստենդի վրա փորձարկվել են ընտրված արգելակային շփանյութերը, և հետազոտվել արգելակային մոմենտի կախումը տեսակարար ճնշումից: Արդյունքները բերված են նկ. 3.2-ում:

Ինչպես երևում է գրաֆիկներից, ընտրված շփանյութերի արգելակային մոմենտի կախումը հաղորդակի տեսակարար ճնշումից ունի ուղիղ համեմատական բնույթ: Ընդ որում, բոլոր շփանյութերը ցուցաբերում են նմանատիպ ցուցանիշներ և միմյանցից

գրեթե չեն տարբերվում: Առավելագույն արգելակային մոմենտ, տարբեր տեսակարար ճնշումների պայմաններում, ապահովում են Bosch ֆիրմայի 591 700 B արգելակային կոճղակները, իսկ նվազագույն, սակայն նորմատիվային, ցուցանիշներ ունեն ДАФМИ ֆիրմայի 2108-3501080 արգելակային կոճղակները:



Նկ. 3.2. Տարբեր շփանյութերի արգելակային մոմենտի կախվածությունը տեսակարար ճնշումից

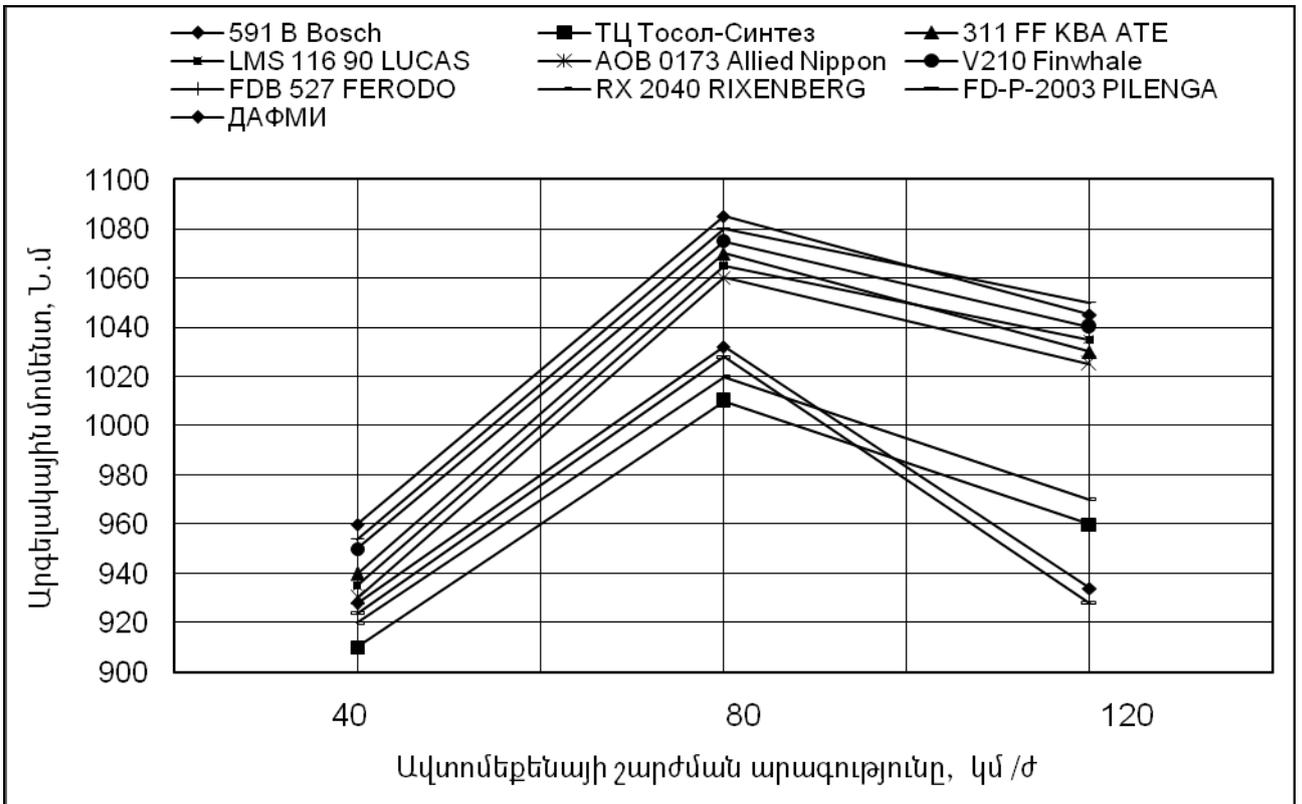
Ավտոմեքենաների արագությունների մեծացումը հանգեցնում է նրան, որ արգելակման հաստատուն ճանապարհ ապահովելու դեպքում անհրաժեշտ է լինում մեծացնել արգելակման մոմենտի մեծությունը և բնութագրերի ցրման դաշտի վերին սահմանը տեղաշարժել դեպի ավելի մեծ արժեքներ, ինչն իր հերթին հանգեցնում է շփման համեմատաբար բարձր գործակից ունեցող շփանյութերի օգտագործմանը բարձր տեսակարար ճնշումների և ջերմաստիճանների պայմաններում:

Համաձայն մշակված մեթոդիկայի՝ TC-1 ինտերցիոն ստենդի վրա փորձարկվել են ընտրված շփական ներդիրները, և հետազոտվել է արգելակային մոմենտի կախումը

մեքենայի շարժման արագությունից (նկ. 3.3):

Ավտոմեքենայի արագության մեծացմանը զուգընթաց՝ սկզբում նկատվում է արգելակային մոմենտի աճ (մինչև 80 կմ/ժ): Արագության հետագա մեծացման պայմաններում արգելակային մոմենտը փոքրանում է: Դա բացատրվում է շփման գործակիցի նվազմամբ շփահպակի 330...400 °C ջերմաստիճանային պայմաններում:

Համեմատաբար բարձր ցուցանիշներ ունեն 591 700 B Bosch մակնիշի արգելակային ներդիրները, իսկ ТЦ Тосол-Синтез մակնիշի արգելակային ներդիրների ցուցանիշներն ամենացածրն են:

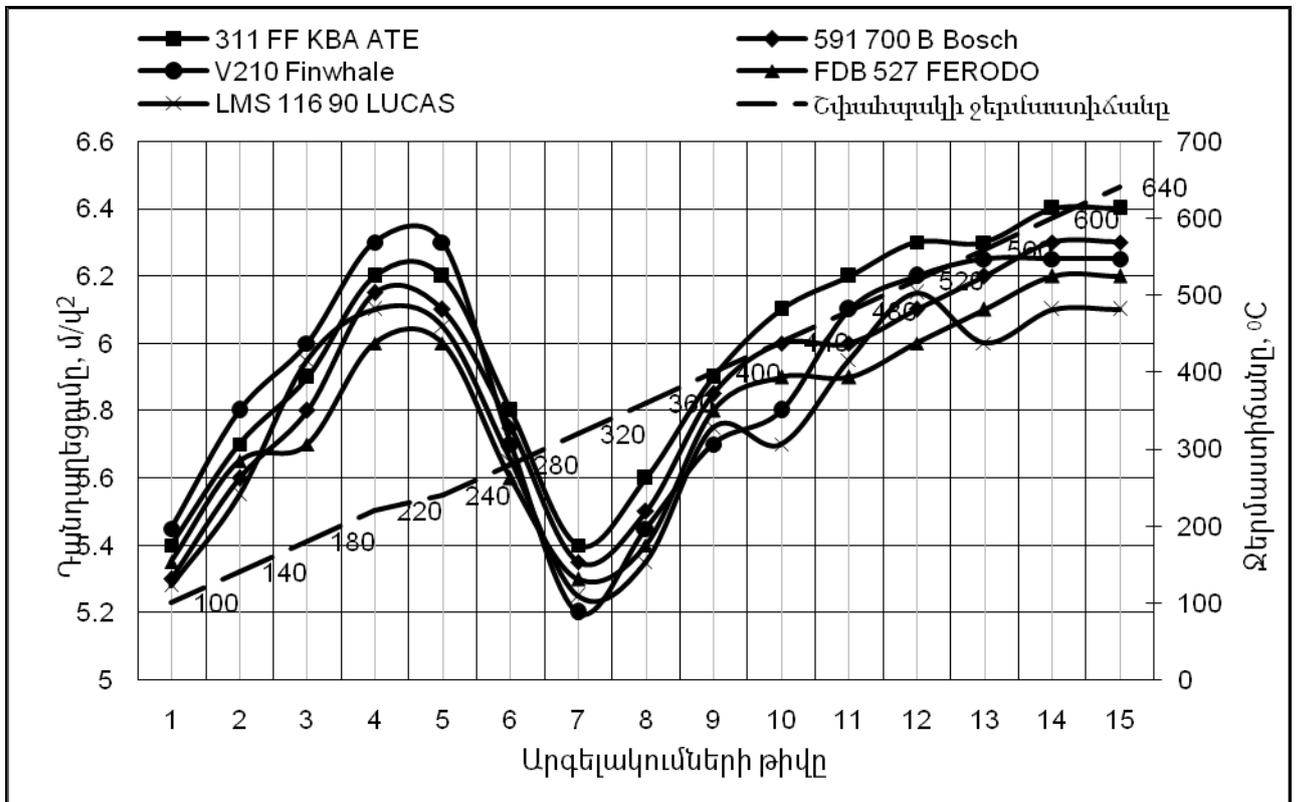


Նկ. 3.3. Տարբեր շփանյութերի արգելակային մոմենտի կախվածությունը ավտոմեքենայի շարժման արագությունից

Ըստ [73] ստանդարտի պահանջների՝ արգելակային շփանյութերի աշխատունակության գնահատման համար կարևոր է շփման գործակիցի (դանդաղեցման) փոփոխությունը, այսպես կոչված, «տաքացման ռեժիմում» արգելակելիս (fade cycle, нагревной цикл): Համաձայն ՌԴ [71] ստանդարտի՝ այն անվանվում է «արգելակման արդյունավետության կորստի որոշում»:

Դանդաղեցման կախումը ջերմաստիճանից տաքացման ռեժիմում

ուսումնասիրելու նպատակով, ըստ մշակված մեթոդիկայի, TC-1 իներցիոն ստենդի վրա ուսումնասիրվել են FM-9 սարքավորման վրա փորձարկումների արդյունքում համեմատաբար բարձր աշխատունակություն ցուցաբերած հինգ շփանյութեր: Արդյունքները ներկայացված են նկ. 3.4-ում:



Նկ. 3.4. Տարբեր շփանյութերի դանդաղեցման կախվածությունը արգելակումների թվից տաքացման ռեժիմում արգելակելիս

Այս դեպքում ևս տարբերակվում է դանդաղեցման փոփոխության երեք տիրույթ: Շփանյութերի դանդաղեցման արժեքները շփահպակի ջերմաստիճանի բարձրացման պայմաններում աճում են և 220...260 °C տիրույթում հասնում առավելագույնին: Ջերմաստիճանի հետագա բարձրացումը՝ մինչև 330...380 °C, նպաստում է դանդաղեցման անկմանը: Ջերմաստիճանի հետագա աճը կրկին հանգեցնում է դանդաղեցման արժեքների աճին: Գրաֆիկներից երևում է, որ դանդաղեցման արժեքների համեմատաբար փոքր ցրման դաշտ (առավելագույն և նվազագույն արժեքների տիրույթ) ունի 311 KBA ATE տիպի շփանյութը, ինչը հնարավորություն է տալիս փաստելու այդ նյութի բարձր աշխատունակությունը «տաքացման ռեժիմում» շահագործելիս: V210 Finwhale տիպի շփանյութն ունի դանդաղեցման արժեքների

ցրման ամենամեծ դաշտը: Սկսած 520 °C բոլոր տիպի շփանյութերում նկատվում է դանդաղեցման արժեքների աճի դադարում:

Ինչպես FM-9 սարքավորման, այնպես էլ TC-1 իներցիոն ստենդի վրա, փորձարկումների ընթացքում ուսումնասիրվող շփանյութերը համեմատաբար ցածր ջերմաստիճաններում (մինչև 220 °C), ցուցաբերում են շփման գործակիցների և դանդաղեցման տարբեր արժեքներ: Այդպիսի իրավիճակը բացատրվում է բաղադրակազմում առկա բազմաբնույթ լցուկների և դրանց ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների տարբերությամբ: Ջերմային ռեժիմի աճի հետևանքով շփման գործակցի արժեքի նվազումը և կապակցող նյութերի տրոհումը հաստատում են մեխանաքիմիական փոխակերպումների և մաշման մեխանիզմի փոփոխության առկայությունը:

Այսպիսով, բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ շփանյութերի փորձարկման և նախկինում [10, 79] ստացված արդյունքների վերլուծությունը հնարավորություն է տալիս եզրակացնելու, որ ջերմային ռեժիմի ազդեցությունը շփանյութերի շփման գործակիցի վրա արտահայտվում է երեք տիրույթներով (աղ. 3.1):

Աղյուսակ 3.1.

Ջերմային ռեժիմի ազդեցությունը շփանյութերի շփման գործակիցի վրա

	Փոփոխման բնույթ	Ջերմաստիճանային տիրույթ
1	Շփման գործակցի (դանդաղեցման) աճ	մինչև 280 °C
2	Շփման գործակցի (դանդաղեցման) նվազում	280 °C մինչև 400 °C
3	Շփման գործակցի (դանդաղեցման) կրկնակի աճ	400 °C բարձր

3.2. Արգելակային ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի մաշակայունության գնահատման սկզբունքների մշակումը

Ըստ հայրենական և արտասահմանյան գրականության վերլուծության արդյունքների՝ ապացուցվել է, որ արգելակային շփանյութերի մաշման գործընթացները համեմատաբար ցածր ջերմաստիճաններում (մինչև 220...260 °C) ունեն հոգնաձային բնույթ, և դրանց մաշակայունության գնահատման համար

կիրառվում են մաշման հոգնաձային տեսության սկզբունքները, որոնք համեմատաբար ավելի համապարփակ և գիտականորեն են բացատրում մաշումը:

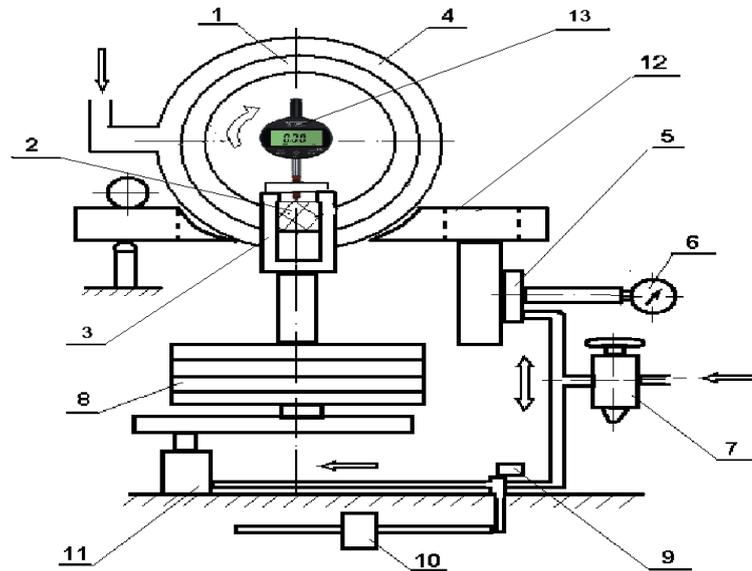
Դժվար է գնահատել արգելակային շփահանգույցի տարրերի մաշման գործընթացները 260 °C բարձր ջերմաստիճաններում ոչ հաստատված ռեժիմի աշխատանքային պայմաններում, երբ որոշիչ է ջերմաստիճանի դերը, և դրա փոփոխությունները կտրուկ ազդում են շփահպակում տեղի ունեցող փոխակերպումների վրա:

Ինչպես ցույց են տալիս իրականացված փորձագիտական հետազոտությունները, արգելակային շփանյութերի շփումը 220...260 °C բարձր ջերմաստիճաններում տարբերվում է նշված ջերմաստիճաններից ցածր պայմաններում շփումից, քանի որ նկատվում է շփման գործակիցի (դանդաղեցման) կտրուկ նվազում: Բարձր ջերմաստիճաններում անընդհատ շփաբեռնավորման պայմաններում տեղի ունեցող մեխանաքիմիական և ֆիզիկական փոխակերպումները, համակցված կապակցող նյութի կառուցվածքային և մակերևութային շերտերի լարվածային-դեֆորմացման վիճակի փոփոխությունների հետ, նվազեցնում են շփման գործակիցը:

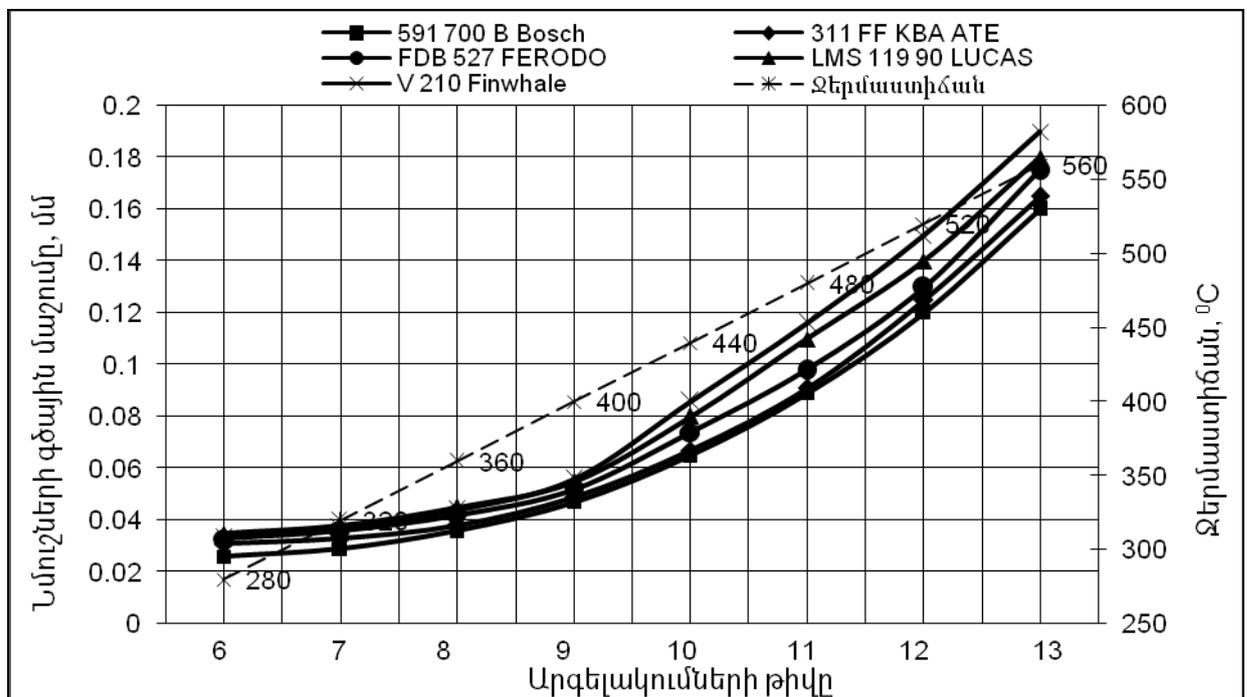
Արգելակային բազմաբաղադրիչ շփանյութերի մաշակայունության գնահատման համար անհրաժեշտություն է առաջանում հետազոտելու մաշման գործընթացները 220...260 °C բարձր ջերմաստիճանային շփման պայմաններում: Այդ նպատակով FM-9 սարքավորման վրա հետազոտվել են ընտրված շփանյութերից համեմատաբար կայուն և բարձր շփման գործակցի (դանդաղեցման) արժեքներ ցուցաբերած շփանյութերը: Սարքավորման շփման հանգույցը (նկ. 3.5) համալրվել է TESA DIGICO 305 թվային ինդիկատորով (չափման ճշտությունը՝ 0,005 մմ; չափման տիրույթը՝ 1...10 մմ): Այն կոշտ ամրացվել է նմուշի բռնիչին, և յուրաքանչյուր արգելակումից հետո գրանցվել է նմուշի գծային մաշման արժեքը:

Նախապես սարքավորման թմբուկը և նրա հետ հպման մեջ գտնվող շփանյութի նմուշը տաքացվել են մինչև 260 °C: Այնուհետև դադարեցվել է տաքացումը, և կատարվել են փորձարկումներ: Ռեժիմային պարամետրերը (տեսակարար ճնշումը՝ 0,678 ՄՊա, թմբուկի պտուտաթվերը՝ 680 պտ/ր, շփանյութի նմուշի շփման մակերեսը՝

6,45 սմ², թմբուկի շփման շառավիղը՝ 0,15 մ) ընտրվել են ըստ [98] ստանդարտում նշված պահանջների: Արգելակումների թիվն ընտրվել է այնպես, որ մակերևութային ջերմաստիճանը վերջին արգելակումից առաջ չգերազանցի 600 °C: Արդյունքները բերված են նկ. 3.6-ում:



Նկ. 3. 5. FM-9 սարքավորման շփման հանգույցը TESA DIGICO 305 թվային 13 ինդիկատորով



Նկ. 3.6. Շփանյութերի գծային մաշման կախվածությունը մակերևութային ջերմաստիճանից

հնչպես երևում է գրաֆիկներից, շփանյութերի գծային մաշման կախումը

ջերմաստիճանից արտահայտվում է աստիճանային կորերի տեսքով: Առավելագույն մաշակայունություն ցուցաբերում է 591 700 B Bosch մակնիշի արգելակային ներդիրի շփանյութը, իսկ նվազագույն մաշակայունություն՝ V210 Finwhale արգելակային ներդիրի շփանյութը: Բոլոր շփանյութերը, սկսած 400 °C ջերմաստիճանից, ենթարկվում են արագ մաշման:

591 700 B Bosch մակնիշի արգելակային ներդիրի շփանյութի փորձարկման ժամանակ յուրաքանչյուր հաջորդ արգելակումից հետո նկատվել է ջերմաստիճանի աճի (մոտ 40 °C) գրեթե հաստատուն արժեք: Մյուս շփանյութերի ջերմաստիճանների բարձրացումները տարբերվում են միմյանցից և գերազանցում 40 °C: Այդ նյութերի փորձարկման ժամանակ, նկատի ունենալով միևնույն ջերմաստիճաններում գծային մաշման արժեքի գրանցման անհրաժեշտությունը, յուրաքանչյուր հաջորդ արգելակումից առաջ, թմբուկի սառեցման և մակերևութային ջերմաստիճանի նվազման նպատակով, տրվել է փորձի դադար:

Շփանյութի մաշակայունության և մեկ արգելակման ընթացքում ջերմաստիճանի աճի միջև որակական կապ հաստատելու համար անհրաժեշտություն է առաջանում իրականացնել փորձարկումներ շփազույգի իզոջերմային պայմաններում: Շփանյութերի միջին շփման գործակիցի որոշման նպատակով այդպիսի փորձարկումներ նախատեսված են նաև ГОСТ Р ИСО 7881-94-ով: Սակայն այդ փորձարկումները կատարվում են 150 °C ջերմաստիճանային պայմաններում, նկատի ունենալով, որ դեռևս մեկ արգելակման ընթացքում փոքր է մակերևութային ջերմաստիճանի աճը (<20 °C) և այն լուրջ ազդեցություն չի ունենում շփանյութերի մակերևութային շերտերի հատկությունների փոփոխության վրա:

Նշված փորձարկումները կատարելու համար որպես արգելակման նախնական ջերմաստիճան ընտրվել է 280 °C, քանի որ, սկսած այդ ջերմաստիճանից, նկատվում է ընտրված շփանյութերի շփման գործակիցի նվազման գործընթացը: Փորձարկումները, մինչև 280 °C ջերմաստիճանը, իրականացվել են ըստ ГОСТ Р ИСО 7881-94 մեթոդիկայի: Երբ շփազույգի մակերևութային ջերմաստիճանը հասնում է 280 °C, կատարվում են մեկական արգելակումներ՝ գրանցելով ջերմաստիճանի աճը:

Յուրաքանչյուր արգելակումից հետո տրվում է դադար, մինչև շփագույգի մակերևույթի ջերմաստիճանը նվազի և կազմի 280 °C: Ըստ նշված ստանդարտի պահանջների՝ իրականացվել են 14 արգելակումներ: Փորձարկվող շփանյութերի ջերմաստիճանի աճի արժեքները, կախված արգելակման հերթականությունից, բերված են աղ. 3.2-ում:

Աղյուսակ 3.2

Տարբեր շփանյութերի ջերմաստիճանային գրադիենտների արժեքները

h/h	Արգելակային ներդիրի շփանյութ	Արգելակման համարը													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		Ջերմաստիճանի գրադիենտ, °C													
1	591 700 B Bosch	35	37	39	40	40	40	38	37	36	36	36	37	36	36
2	2108-350108-02.ТЦ Тосол-Синтез	34	39	44	48	51	51	49	46	47	47	47	47	48	46
3	311 FF KBA ATE	34	38	41	45	48	48	45	40	39	39	40	49	49	40
4	LMS 116 90 LUCAS	35	40	45	46	46	42	39	39	40	39	40	39	40	39
5	AOB 0173 Allied Nippon	34	38	46	46	45	44	40	40	39	39	38	39	40	40
6	V210 Finwhale	35	40	44	46	47	47	41	39	38	39	38	39	39	40
7	FDB 527 FERODO	34	38	41	43	44	44	45	42	39	40	39	40	40	39
8	RX2040 RIXENBERG	36	39	43	46	47	47	45	42	40	41	40	40	41	40
9	FD-P-2003 PILENGA	35	38	43	47	49	49	48	45	46	45	44	45	44	45
10	ДАФМИ	34	39	42	46	49	48	48	46	41	40	41	41	40	40

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: Բերված տվյալների վերլուծությունը ցույց է տալիս նաև, որ ջերմաստիճանի աճի ամենափոքր արժեք ունի 591 700 B Bosch մակնիշի արգելակային ներդիրի շփանյութը, իսկ ամենամեծ արժեքը՝ 2108-350108-02. ТЦ Тосол-Синтез արգելակային ներդիրի շփանյութը: Աղ. 3.1-ում նշված տվյալները հնարավորություն են տալիս փաստելու ևս մեկ հանգամանք: Որքան մաշակայուն է շփանյութը, այնքան փոքր է նրա ջերմաստիճանային աճի արժեքը: Այսինքն, գոյություն ունի ուղիղ համեմատական կապ

շփանյութի մաշակայունության և մեկ արգելակման դեպքում առաջացած ջերմաստիճանի աճի միջև:

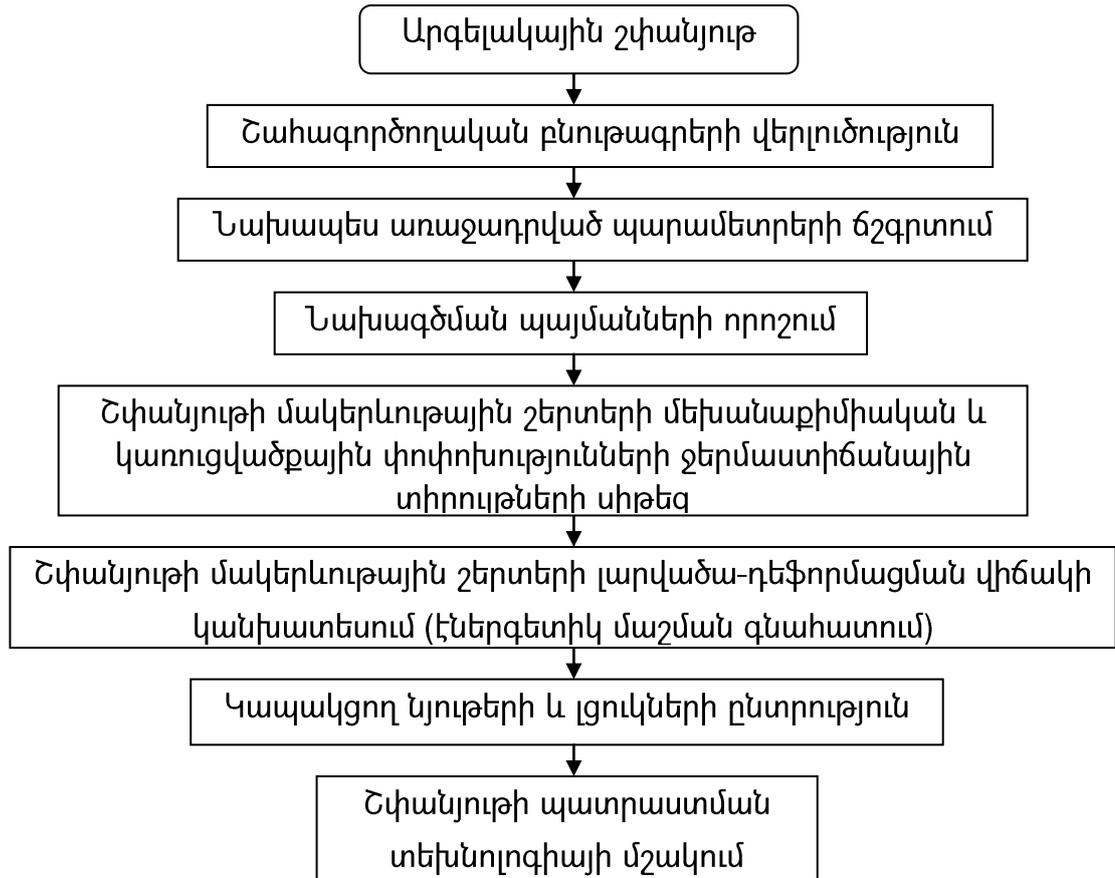
Եթե նկատի ունենանք այն հանգամանքը, որ ջերմաստիճանի աճը բնութագրվում է շփանյութի ջերմունակությամբ [4,10], ապա կարելի է փաստել, որ 280 °C բարձր պայմաններում աշխատող շփանյութերի դեպքում, որքան մեծ է ջերմունակության գործակիցը (փոքր է ջերմաստիճանի աճը), այնքան մաշակայուն է շփանյութը: Այս հանգամանքը կարևոր է բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ արգելակային ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի բաղադրակազմերի մշակման համար, քանի որ բարձր ջերմունակությամբ լցուկների օգտագործումը հնարավորություն կտա մեծացնելու շփանյութերի մաշակայունությունը:

Անհրաժեշտ է նշել, որ առկա են շփանյութերի ջերմունակությանը նվիրված հիմնարար հետազոտություններ [3, 5, 8, 15, 16, 39, 131,]: Մասնավորապես, կարևոր է տեսակարար ջերմունակության գործակիցի հաշվառումը շփանյութերի շփման ջերմային դինամիկայի հետազոտման գործընթացում և շփանյութերի կապակցող նյութերի ընտրության հարցերում: Սակայն 280 °C ցածր պայմաններում շփանյութերի մաշակայունության վրա ջերմունակության փոփոխությունը որոշիչ ազդեցություն չի ունեցել: Եթե հաշվի առնենք այն հանգամանքը, որ հոգնածային մաշման դեպքում գծային մաշման կախումը ջերմաստիճանից արտահայտվում է առաջին կարգի (ուղիղ գիծ) կորի տեսքով [3,17,18], ապա կարելի է նկատել, որ շփման գործակիցի նվազման ջերմաստիճանային պայմաններում կատարվում է շփանյութերի մակերևութային շերտերի մաշում այլ մաշման մեխանիզմով, քանի որ փոփոխվում է կախվածությունն արտահայտող կորի բնույթը:

3.3. Բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի մշակման գործընթացի հետազոտումը

Արգելակային կոմպոզիտային շփանյութերի շահագործման փորձը և [1, 10, 14, 87, 100] հետազոտությունների վերլուծությունները հնարավորություն են տվել մշակելու նախապես առաջադրված պարամետրերով և կարգավորվող հատկություններով

արգելակային շփանյութերի ստեղծման գործընթացի ալգորիթմը (նկ. 3.7) [10]:



Նկ.3.7. Արգելակային շփանյութերի նախագծման ալգորիթմը

Շահագործողական բնութագրերի վերլուծության և նախապես առաջադրված պարամետրերի ճշգրտման փուլերում որոշվում են արգելակի աշխատանքային ռեժիմները, և ճշտվում են շփազույգի բեռնավորման, արագընթացության, ջերմաստիճանի և ժամանակի պարամետրերը: Շփանյութի մակերևութային շերտերի մեխանաքիմիական և կառուցվածքային փոփոխությունների ջերմաստիճանային տիրույթների սիթեզի արդյունքում որոշվում են այն ջերմաստիճանային տիրույթները, երբ տեղի են ունենում շփանյութի աշխատունակությունը նվազեցնող փոխակերպումները: Շփանյութի մակերևութային շերտերի լարվածա-դեֆորմացման վիճակի կանխատեսման (էներգետիկ մաշման) արդյունքում որոշվում է ստեղծվող շփանյութի հաշվարկային երկարակեցությունը:

Փուլերի տվյալների բազայի հիման վրա այնուհետև կազմվում է շփանյութի ստացման տեխնիկական առաջադրանքը, առաջարկվում են կապակցող նյութերը,

լցուկները, և մշակվում է շփանյութի պատրաստման տեխնոլոգիան:

Երթևեկության ուժգնացման, արագությունների մեծացման և շրջակա միջավայրի էկոլոգիական անվտանգության ապահովման տեսակետից փոփոխություն է կատարվել ՄԱԿ-ին առընթեր գործող ԵՏԽ [73] ստանդարտում: Նախատեսված են արգելակման արդյունավետության փարձարկումներ $M1$ դասի տրանսպորտային միջոցների (մարդատար ավտոմեքենաներ՝ մինչև 8 նստատեղով) արգելակների համար մեքենայի 160 կմ/ժ արագությամբ միացված շարժիչով շարժման պայմաններում (նախկինը՝ 120 կմ/ժ): Փոփոխության են ենթարկվել նաև մեքենայի դանդաղեցման և արգելակման ճանապարհի նորմատիվային պարամետրեր:

Համաձայն նկ. 3.7 բերված ալգորիթմի՝ բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի ստեղծման գործընթացի հետազոտման համար, նկատի ունենալով [73] ստանդարտի պահանջները, բազային կհամարվեն հետևյալ նախնական պարամետրերը.

- արգելակման սկզբնական արագությունը՝ $V_0 \leq 0,8V_{\max} = 128$ կմ/ժ, (31,9 մ/վ),
- արգելակման ճանապարհը՝ $s \leq 0,1V + V^2/150$,
- դանդաղեցումը՝ $3,5$ մ/վ² $\geq a_{\text{միջ}} \leq 6,0$ մ/վ²,
- ճնշումը հաղորդակում՝ $p_{\max} \leq 8$ ՄՊա:

Բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ արգելակային ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի ստեղծման գործընթացի հետազոտումը հանգեցնում է հետևյալ խնդիրների լուծմանը.

1. արգելակային շփանյութերի շփամաշաձքային հետազոտություն՝ ըստ [73] ստանդարտի փոփոխված պահանջների,

2. ստացված արդյունքների հիման վրա շփանյութերի մակերևութային շերտերի մեխանաքիմիական և կառուցվածքային փոփոխությունների ջերմաստիճանային տիրույթների սիթեզ,

3. շփանյութերի մակերևութային շերտերի լարվածա-դեֆորմացման վիճակի կանխատեսում:

4. շփանյութերի մակերևութային շերտերի քայքայման մեխանիզմի բացահայտում:

Շփանյութերի շփամաշաճքային հետազոտություն: Ընտրված շփանյութերը փորձարկվել են *И-32М* լաբորատոր սարքավորման վրա՝ համաձայն արգելակային շփանյութերի բարձրաջերմաստիճանային շփման ֆիզիկական մոդելավորման մեթոդիկայի [34], մոդելավորելով վերը նշված նախապես առաջադրված պարամետրերը (աղ. 3.3):

Աղյուսակ 3.3

Փորձարկման ռեժիմային պարամետրերը

Փորձարկվող օբեկտը	Պ ա Ր Ա Մ Ե Տ Ր				
	արգելակման ժամանակը, վ	արգելակման աշխատանքը, Ջ	շփման արագությունը, մ/վ	տեսակարար ճնշումը, ՄՊա	թափառքի մոմենտը, կգ մ վ ²
BA3-2113 արգելակ	9	2820	31,9	8,0	3,34
Մոդելային (<i>И-32М</i>)	–	842	16,7	2,0	–

Ծանոթություն. վրածածկման գործակիցը ($K_{վգ} = 0,104$) չի փոփոխվել

Փորձարկումների արդյունքում որոշվել են փորձարկման ենթարկված շփանյութերի շփման գործակցի և մաշման ուժգնության արժեքների փոփոխությունների տիրույթները (95 % հավանականությամբ արժեքների դաշտը)՝ կախված ջերմաստիճանից: Փորձարկումներից առաջ շփանյութերի նմուշները 0,2 ՄՊա տեսակարար ճնշման, 0,75 մ/վ արագության և ≤ 100 °C պայմաններում ենթարկվել են զելման՝ մակերևույթների 95 % հպում ապահովելու նպատակով: Արդյունքները բերված են նկ. 3.8-ում:

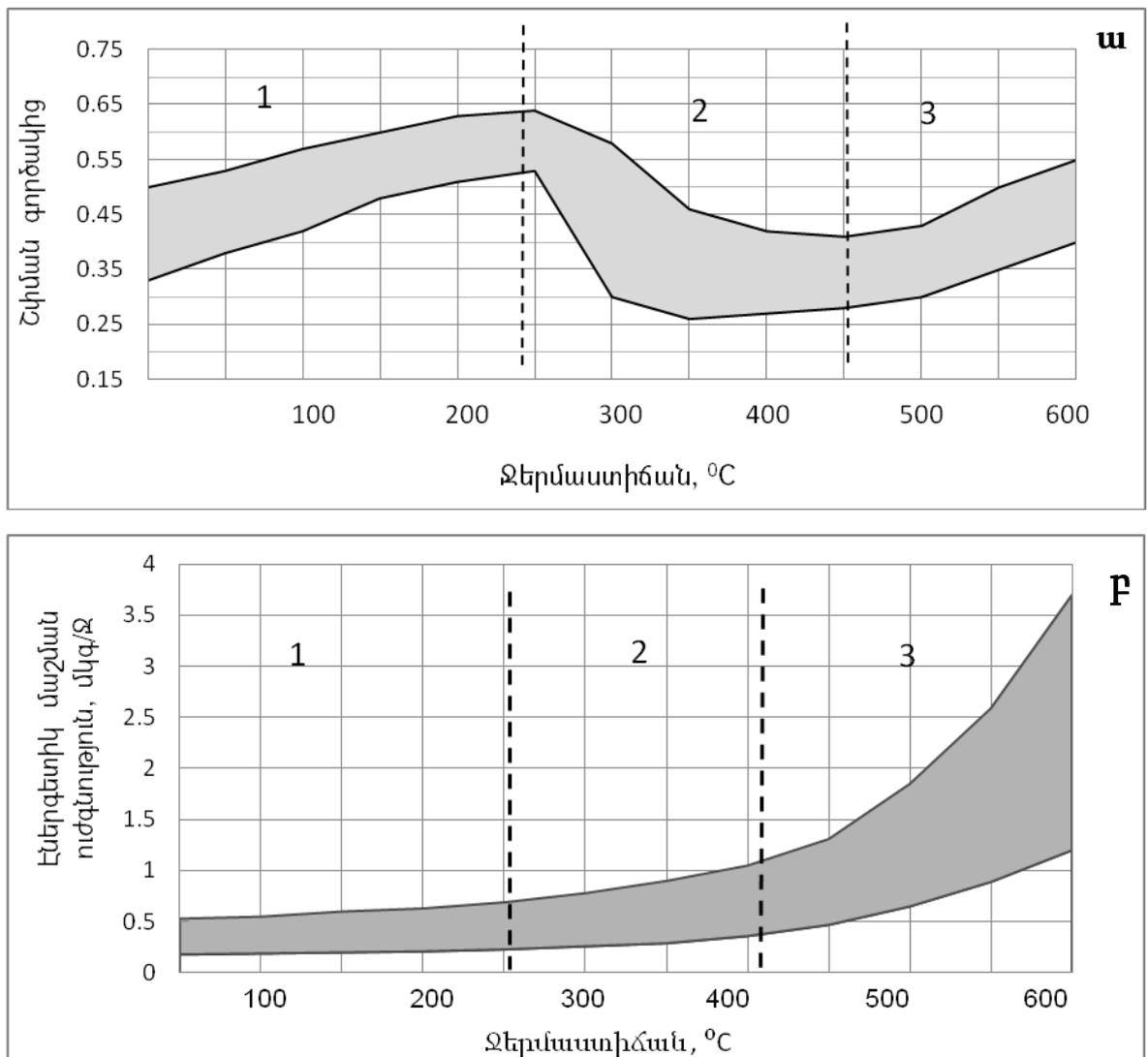
Փորձերի արդյունքները բացահայտում են հետևյալ օրինաչափությունները.

1. Արգելակային շփանյութերի շփման գործակցի արժեքների կախումը ջերմաստիճանից արտահայտվում է երեք հիմնական տիրույթներով (նկ. 3.8, ա)՝ շփման գործակցի արժեքների աճ ($250...280$ °C), այնուհետև անկում ($330...400$ °C), ապա կրկնակի աճ (400 °C–ից բարձր):

2. Մաշման ուժգնությունը՝ մինչև $250...280$ °C ջերմաստիճանները, բնութագրվում

է գծային կախումով (շփման գործակցի փոփոխության առաջին տիրույթ), իսկ ավելի բարձր ջերմաստիճանային պայմաններում այն կտրուկ աճում է ոչ գծային կախումով (շփման գործակցի փոփոխության երկրորդ և երրորդ տիրույթներ) (նկ. 3.8, բ):

Շփման գործակցի աճն առաջին տիրույթում պայմանավորված է շփանյութերի և մետաղական հակամարմնի մակերևութային շերտերի միջև համեմատաբար բարձր ադիեզիոն փոխազդեցությամբ, քանի որ ջերմային այդ ռեժիմի պայմաններում ջերմաստիճանի փոփոխման գրադիենտի արժեքները դեռևս զգալի չեն ($d\theta/dt < 10$ °C/րոպե): Ուստի շփագիտական բնութագրերի փոփոխումը հիմնականում պայմանավորված է շփանյութերի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների փոփոխմամբ [10]:



Նկ.3.8. Շփանյութերի շփման գործակցի (ա) և էներգետիկ մաշման ուժգնության (բ) տիրույթների կախվածությունը ջերմաստիճանից

Ջերմաստիճանի հետագա բարձրացման հետևանքով շփման գործակցի նվազումը (երկրորդ տիրույթ) շփանյութերի մակերևութային շերտերում կապակցող նյութերի տրոհման արդյունք է, ինչի հետևանքով առաջանում են յուղման հատկություններով օժտված մոնոմերներ: Ջերմային ռեժիմի երրորդ տիրույթն առանձնանում է շփանյութերի սաստիկ մաշմամբ: Շփման գործակցի կրկնակի աճն արդեն պայմանավորված է շփահպակի փաստացի մակերեսի մեծացմամբ և ջերմաստիճանային գրադիենտի աճով ($10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{րոպե} < d\theta/dt < 50\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{րոպե}$):

Դանդաղեցման աճն առաջին տիրույթում «տաքացման ռեժիմում» արգելակելիս (նկ. 3.4) և պայմանավորված է շփանյութերի և մետաղական հակամարմնի մակերևութային շերտերի միջև համեմատաբար բարձր ադիեզիոն փոխազդեցությամբ և, հիմնականում, պայմանավորված է շփանյութերի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների փոփոխմամբ [10]:

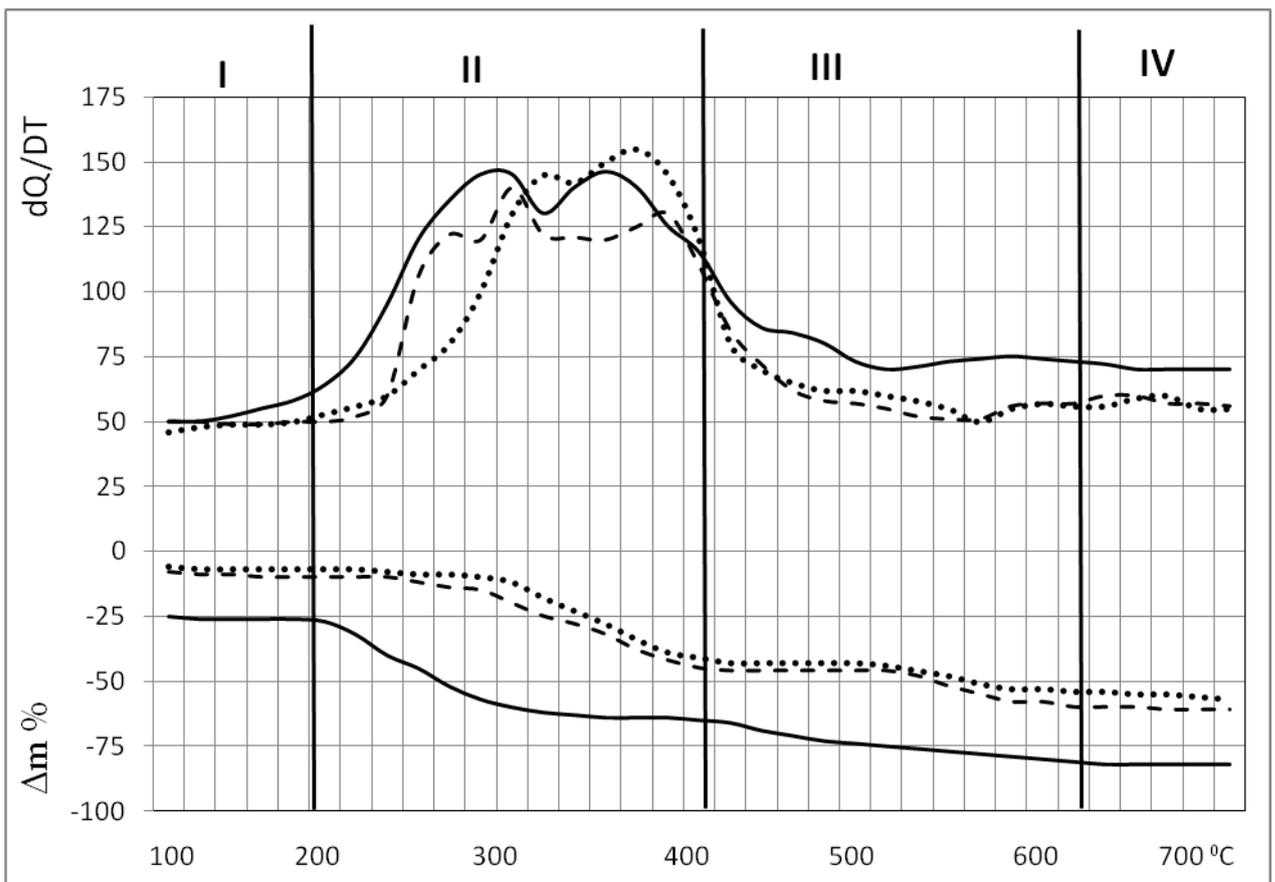
Արգելակային շփանյութերի 250...400 $^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանային շփման պայմաններում առկա է մեխանաքիմիական փոխակերպումների և շփանյութերի շփագիտական բնութագրերի միջև ուղիղ համեմատական որակական կապ. որքան ցածր ջերմաստիճաններում են կատարվում մեխանաքիմիական փոխակերպումները, այնքան վաղ են սկսվում շփման գործակցի և դանդաղեցման արժեքների նվազումն ու մաշման սաստիկության անցումը չափավորից դեպի ուժգինի:

Այսպիսով, բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ շփանյութերի փորձարկման և նախկինում [6, 78, 79] ստացված արդյունքների վերլուծությունը հնարավորություն են տալիս եզրակացնելու, որ ջերմային ռեժիմի ազդեցությունը շփանյութերի մակերևութային շերտերի հատկությունների վրա արտահայտվում է երկու տիպի փոխակերպումներով՝

- շփանյութի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների փոփոխություն (շփման գործակցի և դանդաղեցման կախվածության առաջին տիրույթ),
- շփանյութի մակերևութային շերտում տեղի ունեցող մեխանաքիմիական, կառուցվածքային, ֆազային և լարվածա-դեֆորմացման փոխակերպումներ (շփման գործակցի կախվածության երկրորդ և երրորդ տիրույթներ):

Փորձագիտական հետազոտությունների արդյունքները հնարավորություն են տալիս նաև հանգելու հետևյալ եզրակացությանը: Ասբեստազերծ ջերմակայուն կոմպոզիտային նոր շփանյութերի մշակման գործընթացում կապակցող նյութերի, ամրանային տարրերի և նպատակային լցուկների ընտրման միջոցով շփանյութերի հաստատված մաշումից ուժգին մաշմանն անցման ջերմաստիճանային տիրույթն անհրաժեշտ է տեղաշարժել դեպի ավելի բարձր ջերմաստիճանային տիրույթ, ուղենիշ ունենալով շփազույգի աշխատունակության բարձրացումը:

Մակերևութային շերտերի մեխանաքիմիական և կառուցվածքային փոփոխությունների ջերմաստիճանային տիրույթների սիթեզ: Դիֆերենցիալ ջերմաձանրաչափական և ջերմաձանրաչափական մեթոդներով ՕԴ-102 դերիվատագրի միջոցով ուսումնասիրվել են ընտրված շփանյութերի նմուշների ջերմաֆիզիկական հատկությունները: Արդյունքները ներկայացված են նկ. 3.9-ում:



Նկ. 3.9. Textar (.....), Bosch (- - -) և ATE (—) շփանյութերի դիֆերենցիալ ջերմաձանրաչափական (dQ/dT) և ջերմաձանրաչափական (Δm , %) վերլուծության կորերը $10^\circ\text{C}/\text{րոպե}$ տաքացման արագության պայմաններում

Մեխանաքիմիական փոփոխություններն ունեն բազմափուլ բնույթ և սկսվում են դեռևս ցածր ջերմաստիճանային շփման պայմաններում: Մինչև 325 °C տեղի են 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, քանի որ դիֆերենցիալ ջերմաձանրաչափական կորերն ունեն էկզոջերմային բնույթ:

Մեխանաքիմիական գործընթացները տվյալ ջերմային ռեժիմի պայմաններում գերակայող են, քանի որ ջերմաստիճանի գրադիենտը հասնում է մեծ արժեքների ($d\theta/dt > 50^\circ\text{C}/\text{րոպե}$): Դա լուրջ ազդեցություն է գործում շփման գործակցի արժեքի փոքրացման և մաշման սաստկության աճի վրա:

Դիֆերենցիալ-ջերմաձանրաչափական կորերն ունեն էկզոջերմային բնույթ, իսկ ջերմաձանրաչափական կորերը ցույց են տալիս, որ տաքացման ընթացքում տեղի է ունեցել շփանյութերի նմուշների զանգվածի կորուստ: Կորերի վերծանումը [130] հնարավորություն է տալիս ներկայացնելու մեխանաքիմիական փոխակերպումների մեխանիզմները (աղ. 3.4):

Աղյուսակ 3.4

Մեխանաքիմիական փոխակերպումների մեխանիզմները

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

Շփանյութերի մակերևութային շերտերի լարվածա-դեֆորմացման վիճակի

կանխատեսում: Փորձարկումների ընթացքում առաջացած մաշման հատիկները և շփանյութերի նմուշների շփման մակերևույթներն ուսումնասիրվել են ռենտգենյան դիֆրակցիայի և էլեկտրոնային մանրադիտակային մեթոդներով (նկ. 3.10):

Միկրոկառուցվածքներից երևում 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:

Ռենտգենագրերից երևում է, որ մակերևութին ընկնող ճառագայթները, կախված շփման ուղղությունից, ունեն տարբեր անկյունային ռեֆլեքսներ: Համաձայն [132] աշխատանքի՝ դա հաստատում է, որ մակերևութի բարակ շերտերում գործում են մնացորդային լարումներ, որոնց արժեքները որոշվում են հետևյալ բանաձևերով՝

$$\sigma_1 = K + L, \quad \sigma_3 = K - L \quad (3.1)$$

որտեղ՝

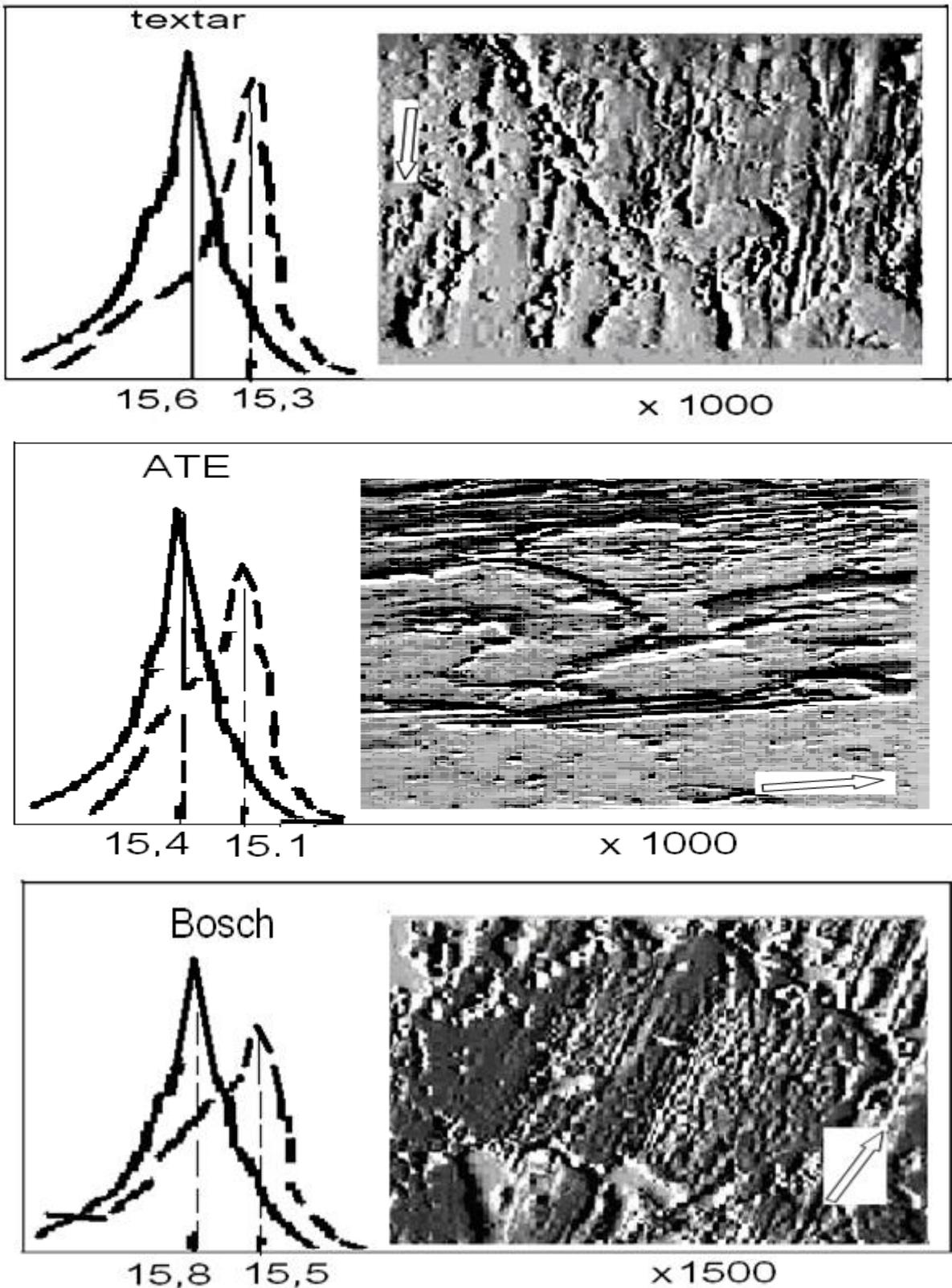
$$K = \frac{1}{2} \left[\frac{d_{\Theta} + d_{\Theta}^{\circ} - 2d_o}{d_o} \cdot \frac{E}{(1 + \nu) \sin^2 \Theta - 2\nu} \right],$$

$$L = \frac{d_o - d_{\Theta}^{\circ}}{d_o} \cdot \frac{E}{(1 + \nu) \sin^2 \Theta}$$

որտեղ d_{Θ} -ն միջհարթությունային հեռավորությունն է շփման ուղղությանը զուգահեռ ռենտգենյան ճառագայթների անկման դեպքում; d_{Θ}° -ն՝ նույնը ռենտգենյան ճառագայթների շփման ուղղությանը ուղղահայաց անկման դեպքում; E -ն՝ առաձգականության մոդուլտ; ν -ն՝ Պուասոնի գործակիցը; d_o -ն՝ շփանյութերի միջհարթությունային հեռավորությունը;

$$d_o = \lambda / 2 \sin \Theta, \quad (3.2)$$

որտեղ λ -ն ալիքի երկարությունն է ($\lambda = 1,54 \text{ \AA}$ պղնձի ճառագայթման դեպքում); Θ -ն՝ առաջնային փնջի անկման անկյունը:



Նկ. 3.10. Շփանյութերի շփման մակերևույթների միկրոկառուցվածքները և ամրանավորող տարրի անկյունային ռեֆլեքսի (ռենտգենյան ճառագայթի առաջնային փնջի անկման անկյուն) արժեքները շփման ուղղությանը զուգահեռ (----) և ուղղահայաց (—) ճառագայթների անկման դեպքում (սլաքով պատկերված է շփման ուղղությունը)

Շփման ուղղությանը զուգահեռ (σ_1) և ուղղահայաց (σ_3) մնացորդային լարումների թվային արժեքները բերված են աղ. 3.5-ում:

Շփման վեկտորի ուղղությամբ մնացորդային լարումները ձգող լարումներ են, իսկ ուղղահայաց ուղղությամբ՝ սեղմող լարումներ: Ընդ որում, սեղմող լարումներն իրենց բացարձակ արժեքներով փոքր են ձգող լարումներից: Լարվածության այսպիսի անհամաչափ վիճակը շփման վեկտորի ուղղությամբ մակերևութային շերտերի կողմնորոշման արդյունք է և հանգեցնում է մակերևութային շերտերում շփման ուղղությամբ տարածվող միկրոճաքերի առաջացմանը, ինչը երևում է նաև նկ. 3.10-ում բերված միկրոկառուցվածքներից: Մնացորդային լարումների արժեքները գերազանցում են շփանյութերի առաձգականության մոդուլների արժեքներին:

Աղյուսակ 3.5

Մնացորդային լարումների թվային արժեքները

Շփանյութ	Մնացորդային լարում, ԳՊա		Առաձգականության մոդուլ, ԳՊա
	σ_1	σ_3	
Textar	8,65	-7,15	7,90
ATE	7,58	-6,63	7,60
Bosh	9,18	-8,61	7,70

Վերը նշված վերլուծություններից հետևում է, որ բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի ստեղծման գործընթացի հետազոտումը՝ արգելակային շփանյութերի նախագծման ալգորիթմի միջոցով, հնարավորություն է տալիս բացահայտելու շփանյութերի մակերևութային շերտերում տեղի ունեցող հիմնական մեխանաքիմիական փոխակերպումների դինամիկան և օրինաչափությունները՝ շփանյութերի չափավոր մաշումից ուժգին մաշմանն անցման ջերմաստիճանային տիրույթում: Այդ փոխակերպումները շփումն ուղեկցող մշտական գործոններ են և անդառնալիորեն փոփոխում են շփանյութերի մակերևութային շերտերի շփագիտական հատկությունները, ինչի արդյունքում փոփոխվում է նաև մաշման մեխանիզմը:

Շփանյութերի 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 են սկսվում շփման գործակցի արժեքի նվազումն ու մաշման սաստիկության անցումը չափավորից դեպի ուժգինի:

Հետազոտման արդյունքները կրկին հաստատագրում են, որ նոր ասբեստազերծ ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի մշակման գործընթացում կապակցող նյութերի, ամրանային էլեմենտների 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:

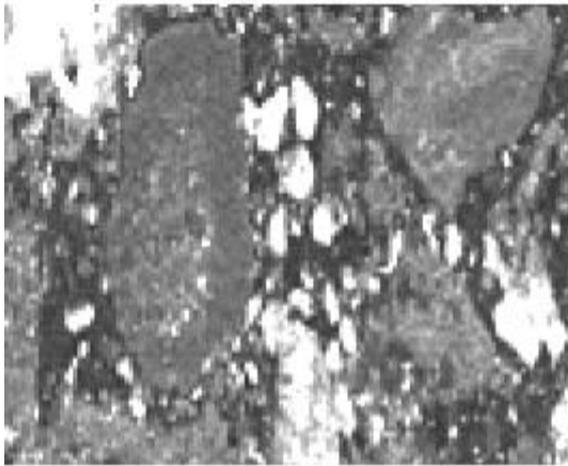
3.4. Ասբեստազերծ ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի մաշման և շփման գործընթացի հետազոտումը բարձր ջերմաստիճաններում

Ասբեստազերծ ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի մաշման և շփման գործընթացի հետազոտումը բարձր ջերմաստիճաններում նախատեսում է շփանյութերի շփամաշվածքային գործընթացի ուսումնասիրում՝ դրանց ուժգին մաշման ջերմաստիճանային տիրույթում (430 °C բարձր ջերմաստիճաններում՝ ըստ նկ. 3.8-ի): Այդ պայմաններում, նկատի ունենալով ջերմաստիճանի աճի (գրադիենտի) արժեքների մեծ լինելու հետևանքով շփանյութերի մակերևութային շերտերի մեխանաքիմիական և կառուցվածքային փոխակերպումների գերակայությունը ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների նկատմամբ, անհրաժեշտություն է առաջանում ուսումնասիրել հետևյալ խնդիրները [10,28].

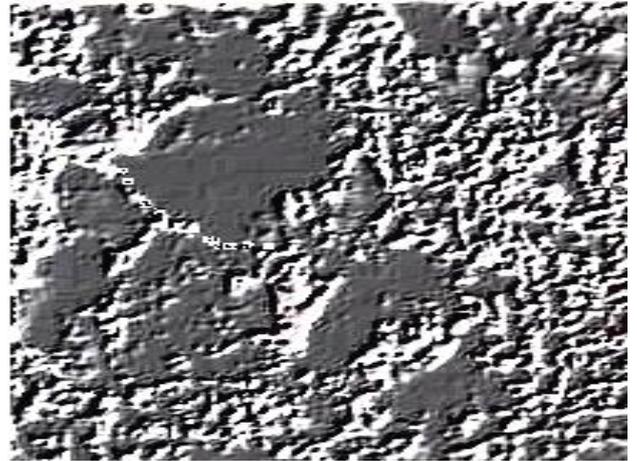
1. բարձրաջերմաստիճանային պայմաններում առաջացած մաշման հատիկների ձևաբանությունը,
2. շփանյութերի ջերմային ընդարձակման դինամիկան,
3. մետաղական հակամարմնի շփման մակերևութի վիճակի վրա շփանյութերի ազդեցությունը:

Առաջացած մաշման հատիկների ձևաբանության հետազոտումն իրականացվել էն էլեկտրոնային մանրադիտարկման եղանակով ISM-50A “Jeol” էլեկտրոնային մանրադիտակով: Ուսումնասիրվել են Textar, ATE և Bosh մակնիշների շփանյութերի ստենդային փորձարկումների ընթացքում բարձր ջերմաստիճաններում (430 °C բարձր) առաջացած մաշման հատիկները (նկ. 3.11):

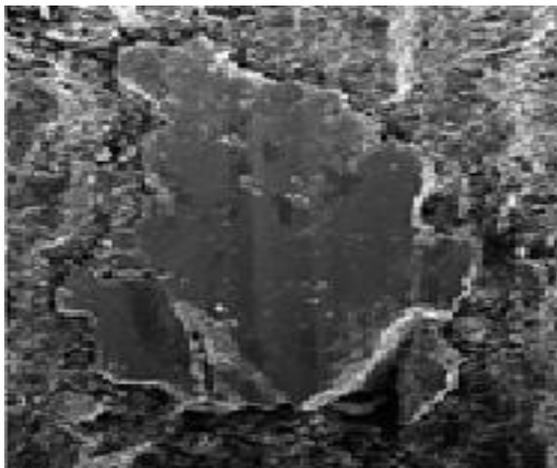
Մաշման հատիկները թերթածն են և տարբերվում են իրենց չափերով՝ կախված շփանյութերի բաղադրակազմերից: Ամենամեծ չափեր ունեն ATE շփանյութի մաշումից առաջացած մասնիկները, ամենափոքրը՝ Textar բարձր մաշակայունություն ունեցող շփանյութի մաշումից առաջացած հատիկները:



Textar (x 300)



ATE (x 300)



Bosch (x 500)



միկրոհատիկներ

մաշման հատիկի միկրոտեղանքը (x 9000)

Նկ. 3.11. Շփանյութերի բարձր ջերմաստիճաններում շփումից առաջացած տիպային մաշման հատիկների միկրոկառուցվածքները և մաշման հատիկի մակերևույթի միկրոտեղանքը

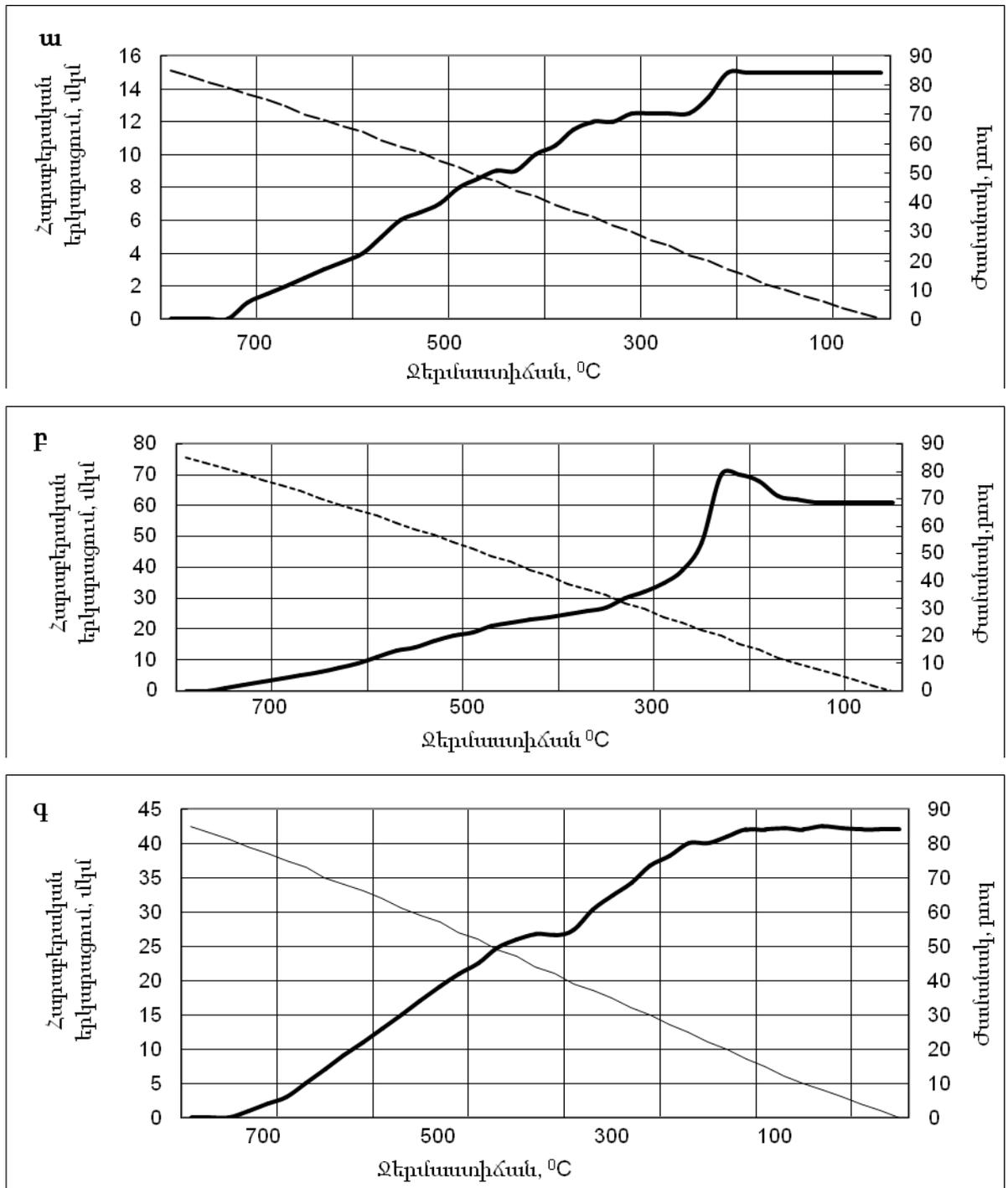
Մաշման հատիկների միկրոտեղանքը անհարթ է և պատված է 0,2...0,8 մկմ միջին չափերով միկրոմասնիկներով: Դա ցույց է տալիս, որ մաշման հատիկները ձևավորվում են շփանյութի շփման մակերեսին՝ բարձր տեղային լարումների և պլաստիկ դեֆորմացումների հետևանքով, որոնք նպաստում են թերթածև մաշման հատիկների առաջացմանը բարձր ջերմաստիճաններում [25, 30]: Թերթածև 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 մեխանիզմով [25]:

Համաձայն շերտատմամբ մաշման մեխանիզմի տեսության դրույթների՝ շփման ընթացքում շփազույգի համեմատաբար ցածր ամրություն ունեցող տարրի ենթամակերևութային շերտում որոշակի խորությամբ առաջանում են ճաքեր: Դրանք տարածվում են գրեթե զուգահեռ շփման մակերևույթին և հետագայում քայքայելով բանվորական շերտը՝ առաջացնում են թերթածև մաշման հատիկներ: Այդ գործընթացում որոշիչ է նյութի ջերմային ընդարձակման փոփոխման դինամիկան [30]:

Նշված փոխակերպման հավաստիությունը գնահատելու և շփանյութերի ջերմային ընդարձակման դինամիկան ուսումնասիրելու նպատակով իրականացվել են արգելակային շփանյութերի ընդարձակաչափական ուսումնասիրություններ՝ Rigaku Denki համակարգի ընդարձակաչափի միջոցով [130]: Բացահայտվել են շփանյութերի ջերմային ընդարձակման գործակիցների (հարաբերական երկարացման) կախումները ջերմաստիճանից և ժամանակից: Արդյունքները ներկայացված են նկ. 3.12-ում:

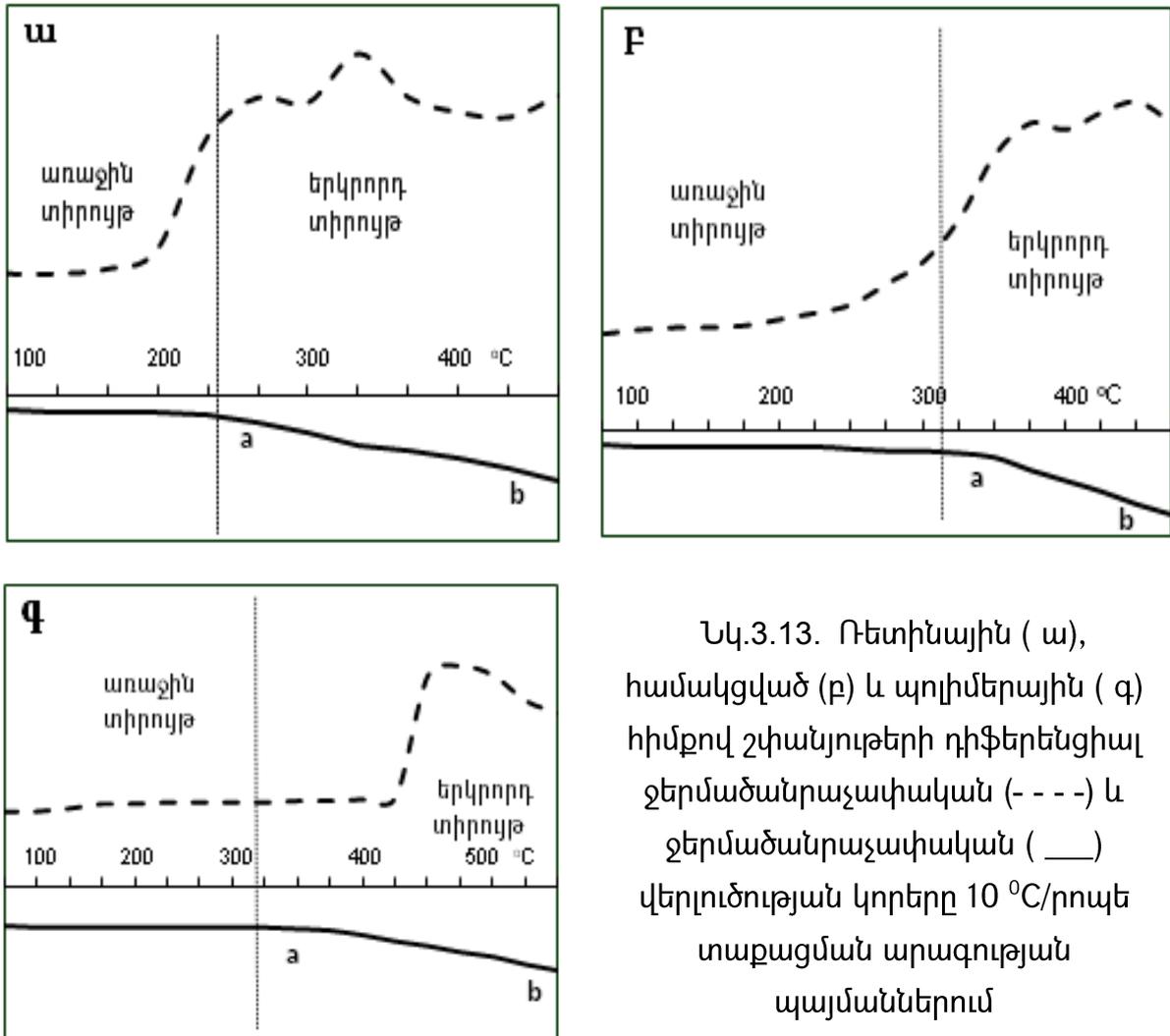
Ուսումնասիրվող շփանյութերը միմյանցից տարբերվում են իրենց ջերմային ընդարձակման գործակիցների փոփոխման օրինաչափություններով, ինչն ակնառու է համեմատաբար ցածր ջերմաստիճաններում (մինչև 250 °C): Այդպիսի տարբերությունը բացատրվում է շփանյութերի բաղադրակազմում առկա լցուկներով և նյութերի ֆիզիկամեխանիկական հատկություններով: Ջերմաստիճանի հետագա բարձրացման ընթացքում աճում է կախումը բնութագրող կորի կազմած անկյունը ջերմաստիճանի առանցքի նկատմամբ, ինչը վկայում է շփանյութերի ջերմային ընդարձակման

գործակիցների աճի և ենթամակերևութային շերտում միկրոճաքերի առաջացման մասին: Ավելի բարձր (մեծ 600 °C) ջերմաստիճանային պայմաններում շփանյութերի ջերմային ընդարձակումները դադարում են, և կախվածությունը բնութագրող կորերը գրեթե զուգահեռ են ջերմաստիճանի առանցքին:



Նկ. 3.12. Հարաբերական երկարացման (—) կախվածությունը ջերմաստիճանից (·····) ընդարձակաչափական վերլուծության ընթացքում 10 °C/րոպ տաքացման դեպքում. ա-textar, բ-ATE, գ-Bosch

Ջերմային ռեժիմի և մեխանաքիմիական փոխակերպումների միջև որակական կապի բացահայտման նպատակով ՕՃ-102 դերիվատագրի միջոցով [133] կատարվել են շփանյութերի փորձանմուշների ջերմաձանրաչափական և դիֆերենցիալ-ջերմաձանրաչափական հետազոտություններ, որոնց արդյունքները ներկայացված են նկ.3.13-ում:



Շփման գործակցի փոփոխման երկրորդ տիրույթում՝ չափավորից դեպի սաստիկ մաշման անցումային ջերմաստիճանային միջակայքում (նկ.3.8 250...400 °C), արձանագրվում է փորձանմուշների զանգվածի կորուստ (ab հատված): Ընդ որում, ռետինային հիմքով շփանյութերի դեպքում այդ գործընթացը սկսվում է համեմատաբար ավելի ցածր ջերմային ռեժիմում: Զանգվածի կորուստը պայմանավորված է կապակցող նյութերի մեխանաքիմիական տրոհումով [49]:

Դիֆերենցիալ ջերմաձանրաչափական կորերի աճող բնույթը ցույց է տալիս, որ

տրոհումն ուղեկցվում է ջերմության անջատումով, ինչը լրացուցիչ բարձրացնում է շփահպակի ջերմաստիճանը:

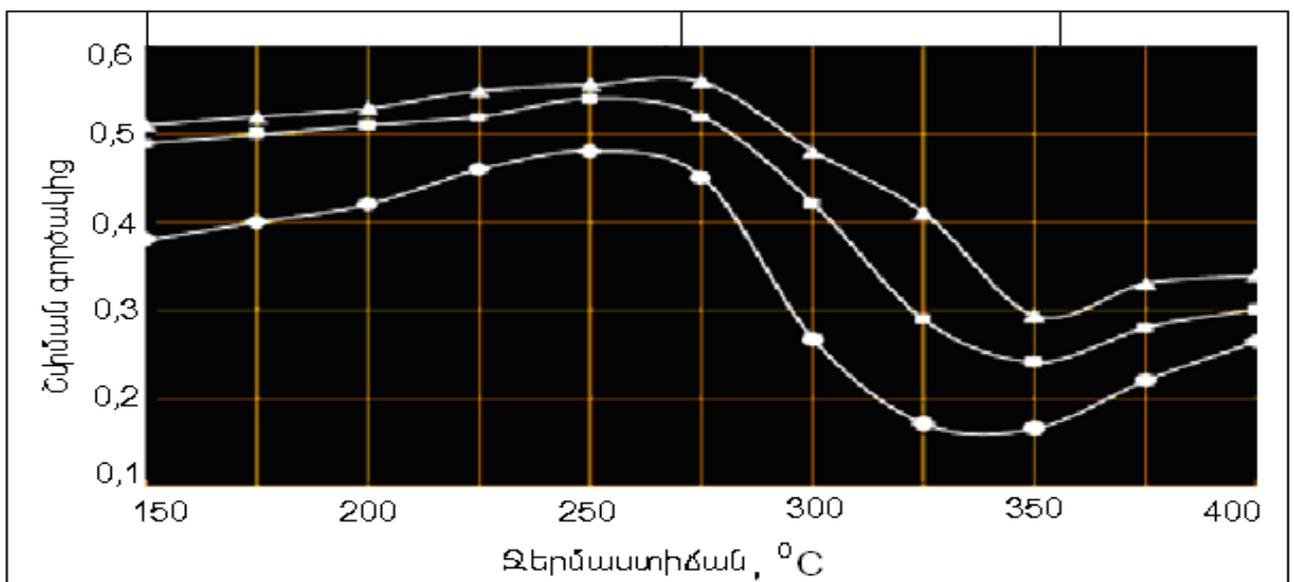
Այսպիսով, ջերմային ռեժիմի աճի հետևանքով շփման գործակցի արժեքի աճը նվազումից հետո, մաշման սաստիկության անցումը չափավորից դեպի ուժգինի և կապակցող նյութերի միաժամանակյա տրոհումը հաստատում են մեխանաքիմիական փոխակերպումների և մաշման մեխանիզմի փոփոխության առկայությունը: Հաստատվում է, որ արգելակային շփանյութերի 250...400 °C ջերմաստիճանային պայմաններում առկա է մեխանաքիմիական փոխակերպումների և շփանյութերի շփագիտական բնութագրերի միջև ուղիղ համեմատական որակական կապը. որքան ցածր ջերմաստիճաններում են կատարվում մեխանաքիմիական փոխակերպումները, այնքան վաղ են սկսվում շփման գործակցի արժեքի նվազումն ու կրկնակի աճը, ինչպես նաև մաշման սաստիկության անցումը չափավորից դեպի ուժգինը:

Հայտնի է [23, 28], որ մետաղ-պոլիմեր շփագույգերում մաշման գործընթացները հիմնականում պայմանավորված են մետաղական հակամարմնի վրա առաջացած շփանյութափոխանցման թաղանթով, որն ադիեզիոն մաշման մեխանիզմի գլխավոր գործոնն է: Շփանյութափոխանցման (ՇՆՓ) թաղանթի ձևավորման գործընթացում հավոլ մակերևույթներում տեղի են ունենում տարբեր ֆիզիկաքիմիական ձևափոխություններ: Դա հանգեցնում է մակերևույթների կառուցվածքի և հատկությունների փոփոխմանը և զգալի ազդեցություն է գործում կոմպոզիտային նյութերի շփագիտական և շահագործական հատկությունների վրա: Կոմպոզիտային նյութերի շահագործման ցանկացած պայմաններում շփման մակերևույթների վրա բարդ կառուցվածքով ու բաղադրությամբ ՇՆՓ թաղանթների ձևավորումը հիմնական մակրոսկոպիկ երևույթն է շփման ժամանակ, որով պոլիմերը տարբերվում է մետաղից: Այդ երևույթը կարևոր դեր ունի առանց յուղման շփման պայմաններում շփանյութերի մաշման մեխանիզմում:

Մետաղական հակամարմնի շփման մակերևույթի վիճակի վրա շփանյութերի ազդեցության և շփական նյութափոխանցման գործընթացի ուսումնասիրման նպատակով FM-9 սարքավորման վրա՝ ըստ ГОСТ Р ИСО 7881-94 մեթոդիկայի,

փորձարկվել են ընտրված Textar, Bosch և ATE ֆիրմաների կողմից պատրաստված ռետինային պոլիմերային և համակցված հիմքով շփանյութերի փորձանմուշները: Մետաղական սկավառակի վրա շփման միջին շառավիղով նախատեսվել են երկու տրամագծորեն հակառակ դասավորությամբ $\varnothing 10$ անցքեր, սկավառակի նյութից պատրաստված գլանիկների տեղադրման և փորձարկումներից հետո դրանց շփման մակերևույթների ուսումնասիրման նպատակով:

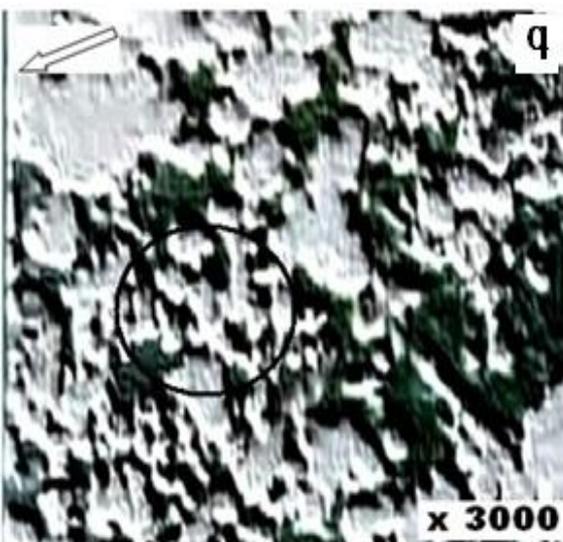
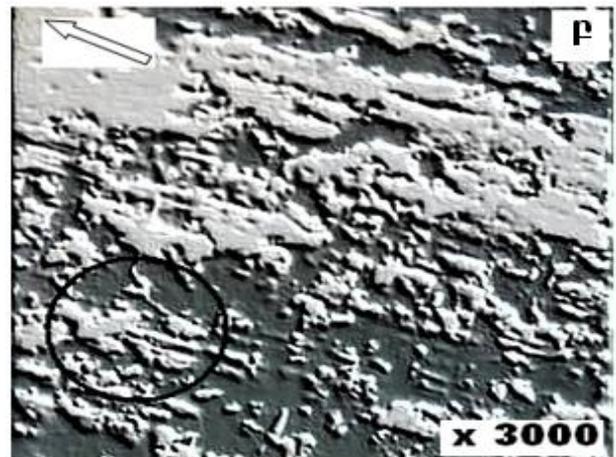
Փորձարկումների սկզբում, 0,2 ՄՊա տեսակարար ճնշմամբ, 0,75 մ/վ արագությամբ և 100 °C-ից ցածր մակերևույթի ջերմաստիճանի պայմաններում կատարվել է շփագույգի զելում: Իրականացվել են երկփուլանի փորձարկումներ: Առաջին փուլում որոշվել են շփման գործակիցների նվազման գոտիները՝ կախված մակերևութային ջերմաստիճանից, իսկ երկրորդ փուլում կատարվել են փորձեր՝ մինչև շփման գործակիցի առավելագույն արժեքների ստացումը: Փորձարկումներից հետո տեղադրված գլանիկների շփման մակերեսներն ուսումնասիրվել են ISM-50A "Jeol" էլեկտրոնային մանրադիտակի միջոցով: Փորձարկումների արդյունքները բերված են նկ. 3.14-ում:



Նկ. 3.14. Ռետինային (O) համակցված (□) և պոլիմերային (Δ) հիմքով ասբեստազերծ շփանյութերի շփման գործակիցների կախվածությունը ջերմաստիճանից՝ $P_a= 2,0$ ՄՊա, $V_{cr}=16,7$ մ/վ պայմաններում

Արդյունքների համեմատումից երևում է, որ շփանյութերը առավելագույն շփման

գործակիցներ ունենում են տարբեր ջերմաստիճաններում: Ռետինային հիմքով շփանյութի առավելագույն շփման գործակիցը նկատվում է 250 °C այն դեպքում, երբ մյուս երկու շփանյութերը, որոնց մաշակայունությունը համեմատաբար բարձր է, ունեն առավելագույն շփման գործակիցների արժեքներ 275 °C ջերմաստիճանում: Դա պայմանավորված է նրանով, որ ռետինի քայքայումը սկսվում է ավելի ցածր ջերմաստիճաններում, քան համակցված և պոլիմերային կապակցող նյութերինը: Ջերմաստիճանի հետագա բարձրացմանը զուգընթաց՝ նկատվում է շփման գործակիցների արժեքների նվազում՝ մինչև 350 °C, և կրկնակի բարձրացում: Տեղակայված գլանիկների շփման մակերեսների միկրոկառուցվածքները բերված են նկ. 3.15-ում:



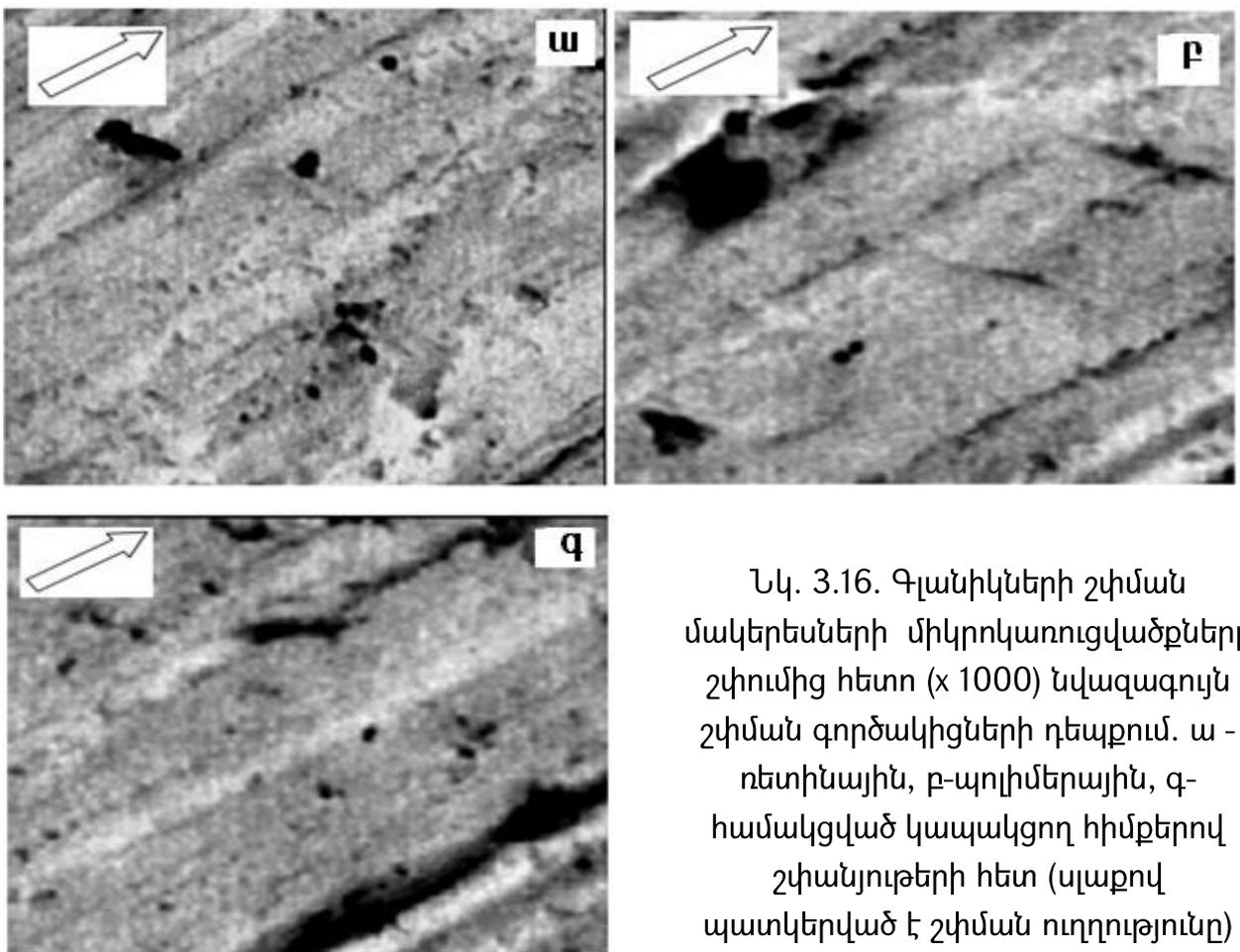
Նկ. 3.15. Գլանիկների շփման մակերեսների միկրոկառուցվածքները առավելագույն շփման գործակիցների դեպքում՝ ռետինային (ա), պոլիմերային (բ) և համակցված (գ) կապակցող շփանյութերի հետ շփումից հետո (սլաքով պատկերված է շփման ուղղությունը, շրջանագծերով՝ ՇՆՓ հետևանքով կուտակված մասնիկները)

Միկրոկառուցվածքներից երևում է, որ փորձարկվող շփանյութերն ունակ են մետաղական հակամարմնի շփման մակերեսին ձևավորելու շփափոխանցման

հետևանքով առաջացած շերտեր, որոնք կողմորոշված են շփման ուժի ուղղությամբ:

Այսպիսով, անկախ կապակցող նյութերի տիպից, շփանյութերն ունակ են մետաղական հակամարմնի շփման մակերեսին ձևավորելու ՇՆՓ թաղանթ, որի առկայության դեպքում նկատվում է առավելագույն շփման գործակից:

Ահրաժեշտություն է առաջացել ուսումնասիրելու մետաղական հակամարմնի շփման մակերեսը շփանյութերի նվազագույն շփման գործակիցների ջերմաստիճանային պայմաններում: Այդ նպատակով գլանիկները նորից տեղադրվել են սկավառակի համապատասխան անցքերում, և կրկնվել են փորձարկումները մինչև այն ջերմաստիճանները, երբ նկատվել են շփանյութերի նվազագույն արժեքներ: Գլանիկների շփման մակերեսների միկրոկառուցվածքները շփումից հետո բերված են նկ. 3.16-ում:

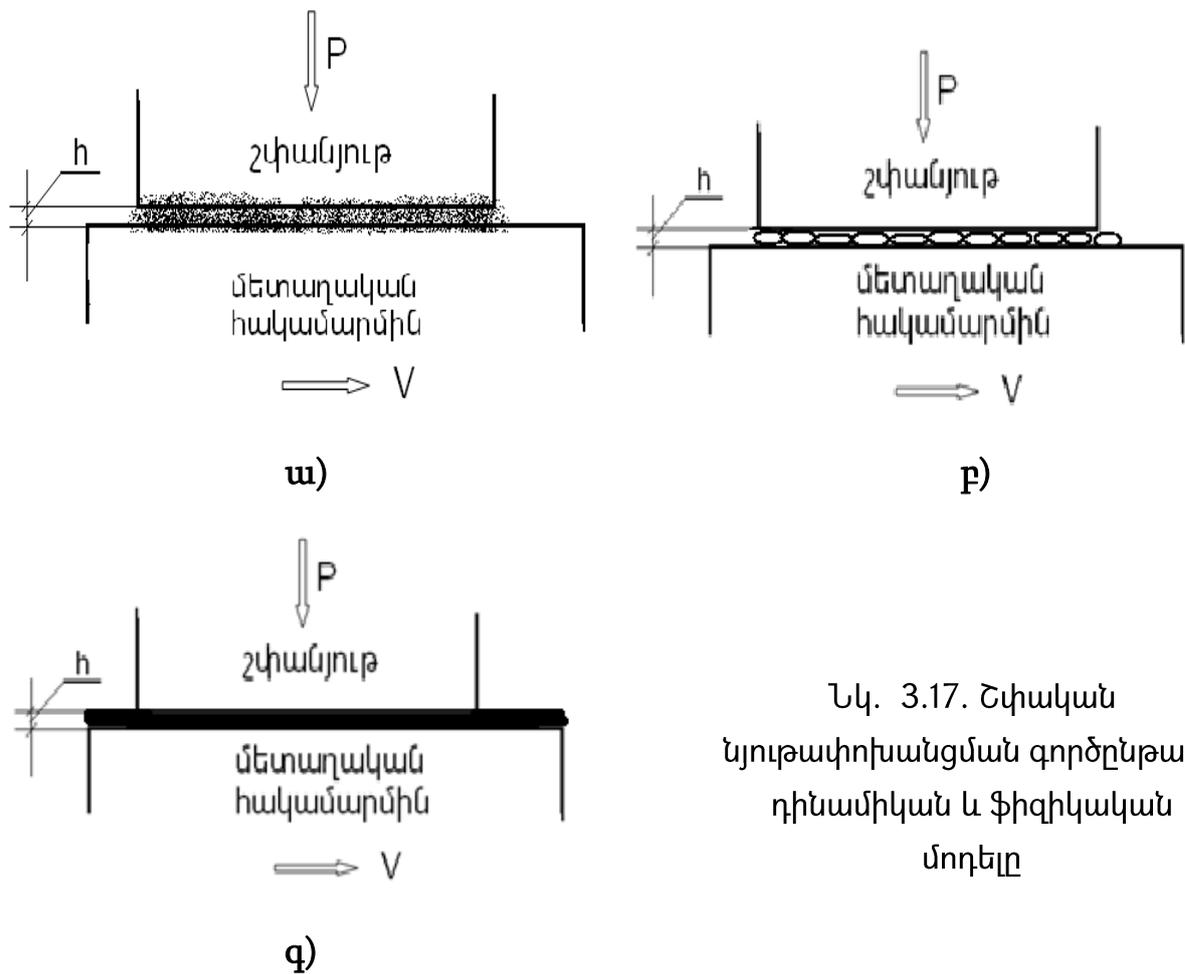


Նկ. 3.16. Գլանիկների շփման մակերեսների միկրոկառուցվածքները շփումից հետո ($\times 1000$) նվազագույն շփման գործակիցների դեպքում. ա - ուետինային, բ-պոլիմերային, գ- համակցված կապակցող հիմքերով շփանյութերի հետ (սլաքով պատկերված է շփման ուղղությունը)

Ինչպես երևում է միկրոկառուցվածքներից, մետաղական հակամարմնի շփման մակերեսին չկան ՇՆՓ թաղանթներ: Շփանյութը անմիջական հպման մեջ է գտնվում

մետաղական հակամարմնի մակերևույթի հետ, որն էլ, հավանաբար, շփման գործակցի նվազման պատճառներից մեկն է: Մակերևութային շերտի հարթ տեղամասերը ցույց են տալիս, որ այն ենթարկվել է պլաստիկ դեֆորմացումների:

Հիմք ընդունելով ՇՆՓ թաղանթի առկայությունը մետաղական հակամարմնի շփման մակերեսին շփման գործակցի առավելագույն արժեքների դեպքում և դրա բացակայությունը շփման գործակցի նվազագույն արժեքների պայմաններում, ինչպես նաև հենվելով նախկինում կատարված հետազոտությունների արդյունքների վրա [40]՝ շփական նյութափոխանցման գործընթացի դինամիկան և ֆիզիկական մոդելը ներկայացվում են հետևյալ կերպ (նկ. 3. 17):



Նկ. 3.17. Շփական նյութափոխանցման գործընթացի դինամիկան և ֆիզիկական մոդելը

Շփման ընթացքում շփահպակում ջերմաստիճանի բարձրացման հետևանքով առաջանում են մաշման առաջին հատիկները, որոնց մի մասը դուրս է նետվում շփման տիրույթից, իսկ որոշ մասը արհեստագիտական հետևանքով կաչում է մետաղական հակամարմնին (նկ. 3.17, ա): Նկատվում է շփման գործակցի մեծացում:

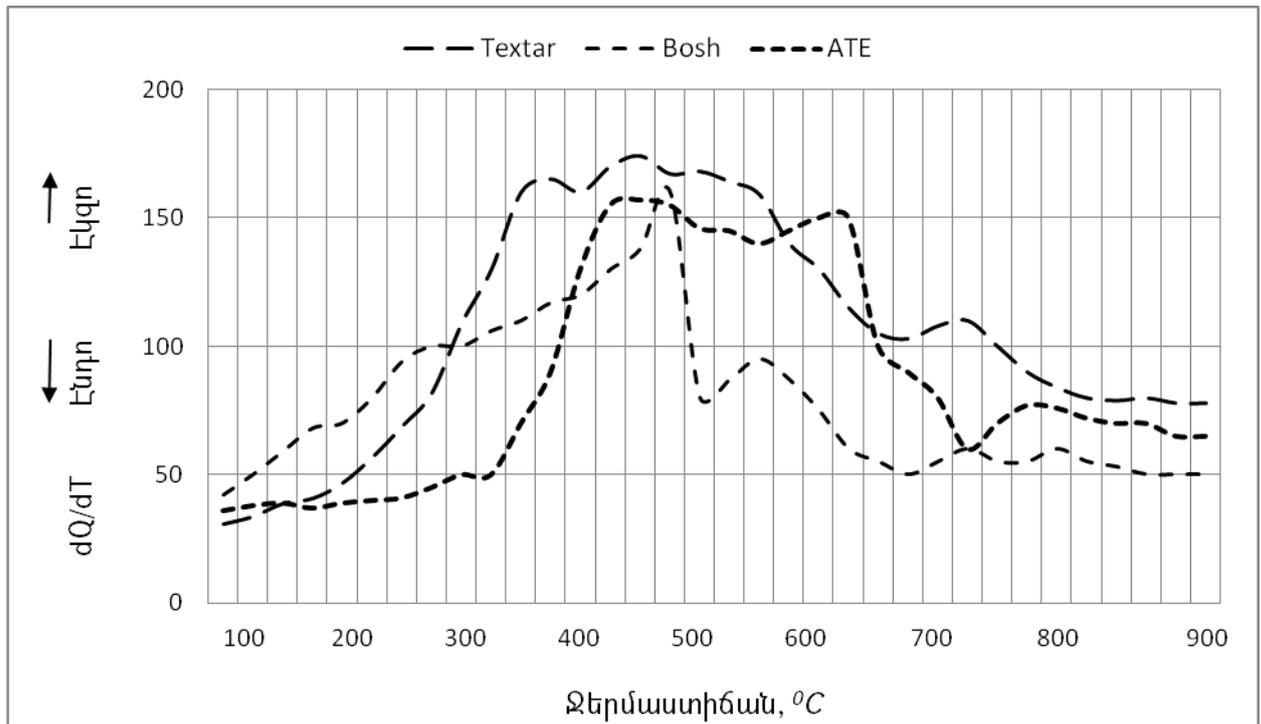
Ջերմաստիճանի հետագա բարձրացումը նպաստում է մետաղական հակամարմնի շփման մակերեսին շփանյութափոխանցված կայուն և պինդ վիճակում գտնվող թաղանթի աստիճանաբար ձևավորվելուն (նկ. 3.17, բ): Դրա առկայության դեպքում շփման գործակիցն ունենում է առավելագույն արժեք: Ջերմաստիճանի շարունակական աճն առաջացնում է շփանյութափոխանցված թաղանթի հալված վիճակ (նկ. 3.17, գ): Շփումը տեղի է ունենում մետաղական հակամարմնի և հալված թաղանթի միջև, և շփման գործակիցն ընդունում է նվազագույն արժեքներ:

Այսպիսով, շփանյութափոխանցման հետևանքով առաջացած շերտերի ձևավորման հատկությունը շփանյութերի կարևոր հատկություններից մեկն է և նոր նյութեր մշակելիս անհրաժեշտ է առաջարկել այնպիսի բաղադրակազմեր, որոնք ունակ լինեն առաջացնելու շփափոխանցված շերտեր ավելի բարձր ջերմաստիճանային պայմաններում, քանի որ այդ դեպքում շփման գործակցի առավելագույն արժեքները ևս տեղափոխվում են բարձր ջերմաստիճանային գոտի:

3.5. Արգելակային շփանյութերի մակերևութային շերտի քայքայման մեխանիզմը և կինետիկան

Արգելակային շփազույգերի շփման և մաշման գործընթացների վերաբերյալ որոշակի տեղեկություններ են պարունակում մաշումից առաջացած հատիկները: Ուսումնասիրելով դրանց երկրաչափությունը, մոլեկուլային կառուցվածքը և ջերմային հատկությունները, հնարավորություն է ստեղծվում բացահայտելու շփազույգի տարրերի մաշման մեխանիզմը, կինետիկան և շփման ընթացքում տեղի ունեցող փոխակերպումների առանձնահատկությունները:

Հետազոտված շփանյութերի շփման և մաշման մեխանիզմների գնահատման նպատակով հետազոտվել են դրանց մաշումից առաջացած հատիկների ջերմային հատկությունները: Յուրաքանչյուր շփանյութից 25 մգ զանգվածով մաշման հատիկներ OД-102 դերիվատագրով ենթարկվել են դիֆերենցիալ ջերմաձանրաչափական հետազոտությունների: MathCAD Professional խորանարդային սպլայն միջարկման մեթոդով մշակված արդյունքները բերված են նկ. 3.18-ում:



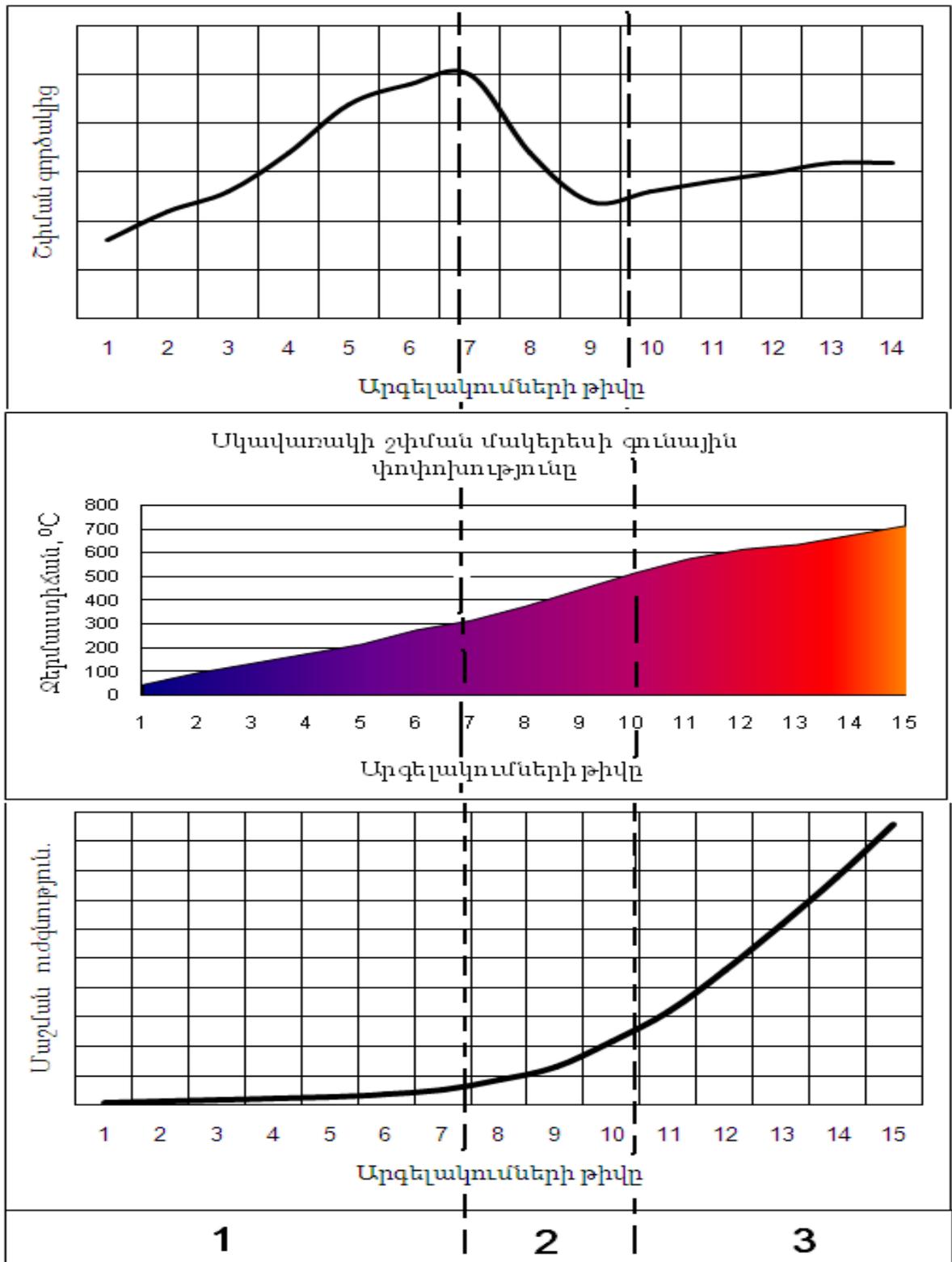
Նկ. 3.18. Շփանյութերի դիֆերենցիալ ջերմաձանրաչափական վերլուծությունների կորերը 10 °C/րոպե տաքացման արագության պայմաններում

Կորերի էկզոջերմային բնույթը ցույց է տալիս, որ տաքացման ընթացքում մաշման հատիկներից անջատվում է որոշակի քանակությամբ ջերմություն: Դա, իր հերթին, հուշում է այն մասին, որ մաշման հատիկները ջերմային անհավասարակշիռ վիճակում են և գտնվելով դեռևս շփանյութերի մակերևույթների վրա՝ ընդունակ են կլանելու ջերմության որոշակի քանակություն:

Սակայն մաշման հատիկները պոկվել են բուն նյութերից մակերևութային շերտերի քայքայման արդյունքում՝ բազմակի նշանափոխ շփաբեռնավորման հետևանքով [10, 40]: Այսինքն, մաշման հատիկների ձևավորման գործընթացները հնարավոր չէ բացատրել միայն մեխանաքիմիական փոխակերպումների միջոցով: Որոշակի ազդեցություն են ունենում նաև շփանյութերի մակերևութային շերտերի լարվածային դեֆորմացված վիճակները:

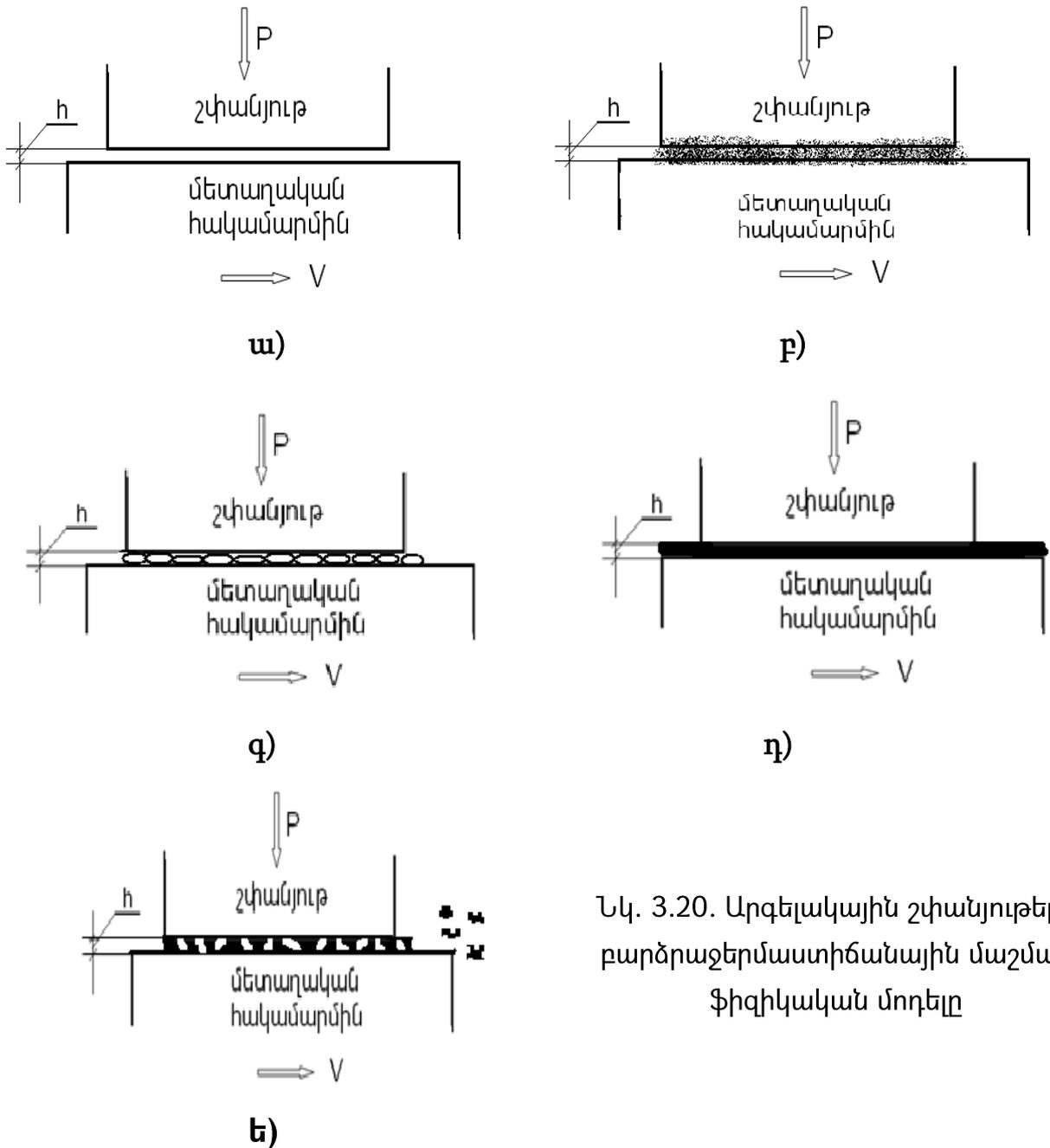
Ընդհանրացնելով կատարված հետազոտությունների արդյունքները և նկատի ունենալով շփման գործակիցի, մաշման ուժգնության և արգելակային սկավառակի շփման մակերեսի գունային փոփոխությունների կախումները մակերևութային ջերմաստիճանից (նկ. 3. 19)՝ արգելակային շփանյութերի մակերևութային շերտի

քայքայման մեխանիզմը կարելի է ներկայացնել նկ. 3. 20-ում բերված ֆիզիկական մոդելի տեսքով:



Նկ. 3. 19. Շփման գործակիցի, մաշման ուժգնության և արգելակային սկավառակի շփման մակերեսի գունային փոփոխությունների կախումները մակերևութային ջերմաստիճանից (ընդհանրացված տեսքով)

Սկզբում շփանյութը շփվում է հակամարմնի մակերևույթին գոյություն ունեցող շրջապատից ադսորբված շերտի հետ (նկ. 3.20, 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. 3.20, բ): Նկատվում է շփման գործակիցի մեծացում:



Նկ. 3.20. Արգելակային շփանյութերի բարձրաջերմաստիճանային մաշման ֆիզիկական մոդելը

Ջերմաստիճանի հետագա բարձրացումը նպաստում է մետաղական հակամարմնի շփման մակերեսին աստիճանաբար շփանյութափոխանցված կայուն և պինդ վիճակում գտնվող թաղանթի ձևավորմանը (նկ. 3.20, գ): Դրա առկայության

դեպքում նկատվում է շփման գործակիցի առավելագույն արժեք: Շփման հետևանքով շփահպակում նկատվում է ջերմաստիճանի շարունակական աճ, որն առաջացնում է հալված վիճակ (նկ. 3.20, դ): Նկատվում է շփման գործակցի նվազագույն արժեք:

Ջերմաստիճանի հետագա աճը և տեղի ունեցող մեխանաքիմիական փոխակերպումները քայքայում են շփանյութափախանցված թաղանթը, և առաջանում են մաշման հատիկները (նկ. 3.20, ե): Շփման գործակցի կրկնակի մեծացման պայմաններում մետաղական հակամարմնի մակերեսին շփանյութափոխանցված թաղանթ գոյություն չունի:

Այսպիսով, ասբեստազերծ բազմաբաղադրիչ արգելակային շփանյութերի բարձրաջերմաստիճանային մաշման ֆիզիկական մոդելը բացահայտում է շփանյութերի մակերևութային շերտի քայքայման մեխանիզմը և կինետիկան:

ԵՂՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆ

Բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ արգելակային կոմպոզիտային շփանյութերի մաշման և շփման գործընթացների հետազոտությունը բարձրջերմաստիճանային պայմաններում, հնարավորություն է տալիս կատարելու հետևյալ եզրակացությունները.

1. Բացահայտվել է, որ ջերմային ռեժիմի ազդեցությունը շփանյութերի շփման գործակիցի վրա արտահայտվում է երեք տիրույթներով՝ 1-շփման գործակցի (դանդաղեցման) աճի ջերմաստիճանային տիրույթ (մինչև 280 °C), 2-շփման գործակցի (դանդաղեցման) նվազման ջերմաստիճանային տիրույթ (280 °C մինչև 400 °C), 3-շփման գործակցի (դանդաղեցման) կրկնակի աճի ջերմաստիճանային տիրույթ (400 °C բարձր):

2. Ցույց է տված, որ պոլիմերային հիմքով արգելակային ասբեստազերծ բազմաբաղադրիչ շփանյութերի մակերևութային շերտերում ընթացող մեխանաքիմիական փոփոխություններն ունեն բազմափուլ բնույթ և սկսվում են դեռևս ցածր ջերմաստիճանային 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 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. Արգելակային շփանյութերի նախագծման ալգորիթմի միջոցով բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի ստեղծման գործընթացի հետազոտումը հնարավորություն է տվել բացահայտել շփանյութերի մակերևութային շերտերում տեղի ունեցող հիմնական մեխանաքիմիական փոխակերպումների դինամիկան և օրինաչափությունները՝ շփանյութերի չափավոր մաշումից ուժգին մաշմանն անցման ջերմաստիճանային տիրույթում: Դրանք շփումն ուղեկցող մշտական գործոններ են և անդառնալիորեն փոփոխում են շփանյութերի մակերևութային շերտերի շփագիտական հատկությունները, ինչի արդյունքում փոփոխվում է նաև մաշման մեխանիզմը:

4. Բացահայտվել է, որ 250...400 °C ջերմաստիճանային տիրույթում պոլիմերային հիմքով արգելակային շփանյութերում առկա է մեխանաքիմիական փոխակերպումների և շփանյութերի շփագիտական բնութագրերի միջև ուղիղ համեմատական կապ: Ցույց է տրվել, որ որքան ցածր ջերմաստիճաններում են կատարվում մեխանաքիմիական փոխակերպումները, այնքան վաղ են սկսվում շփման գործակցի արժեքի նվազումն ու մաշման ինտենսիվության անցումը չափավորից դեպի ուժգինը:

5. Հաստատված է, որ պոլիմերային հիմքով սաբեստազերծ 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 շփազույգի աշխատունակության բարձրացումը: Բարձր ջերմակայունությամբ շփանյութերի մշակման դեպքում անհրաժեշտ է օգտագործել ավելի բարձր

ջերմաստիճանային պայմաններում շփանյութափոխանցված շերտեր առաջացնող բաղադրակազմեր, տեղաշարժելով շփման գործակցի առավելագույն արժեքներն ավելի բարձր ջերմաստիճանային գոտի:

6. Առաջին անգամ մշակվել է պոլիմերային հիմքով բազմաբաղադրիչ արգելակային շփանյութերի բարձրաջերմաստիճանային մաշման ֆիզիկական մոդելը, բացահայտվել են շփանյութերի մակերևութային շերտի քայքայման մեխանիզմը և կինետիկան, համաձայն որի՝ շփանյութը սկզբում շփվում է հակամարմնի մակերևույթին շրջապատից ադսորբված 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 ձևավորվելու շփանյութափոխանցված կայուն և պինդ վիճակով թաղանթ, որի առկայության դեպքում նկատվում է շփման գործակցի առավելագույն արժեք: Շփման ընթացքում շփահպակում նկատվում է ջերմաստիճանի շարունակական աճ, որի հետևանքավ շփանյութափոխանցված թաղանթը հալվում է, արդյունքում՝ տեղի է ունենում շփանյութի և հալված շերտի շփումը, ինչը հանգեցնում է շփման գործակցի կտրուկ փոքրացմանը: Ջերմաստիճանի հետագա բարձրացումը և տեղի ունեցող մեխանաքիմիական փոխակերպումները քայքայում են շփանյութափախանցված թաղանթը և առաջանում են մաշման թերթածև հատիկներ: Շփման գործակցի կրկնակի մեծացման պայմաններում մետաղական հակամարմնի շփման մակերեսին շփանյութափոխանցված թաղանթը վերանում է:

4. ԲԱԶՄԱԲԱՂԱԴՐԻՉ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՄԲ ԱՍԲԵՍՏԱԶԵՐԾ ԱՐԳԵԼԱԿԱՅԻՆ ԶԵՐՄԱԿԱՅՈՒՆ ԿՈՄՊՈԶԻՏԱՅԻՆ ՇՓԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ ԵՎ ՏԵԽՆԻԿԱՏՆՏԵՍԱԳԻՏԱԿԱՆ ՀԻՄՆԱՎՈՐՈՒՄԸ

4.1. Բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ արգելակային ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի մշակման գործընթացի հետազոտումը

Կատարված փորձագիտական հետազոտությունների հիման վրա, ինչպես նաև օգտվելով լցանյութերի և կապակցող պոլիմերների ընտրության գործնական փորձից, ՀԱՊՀ մասնագետների կողմից, դեռևս 1980-ական թվականներին, մշակվել են «Բաստենիտ» ընդհանուր անվամբ պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ շփանյութեր, որոնք նախատեսված են մարդատար ավտոմեքենաների սկավառակային արգելակներում կիրառելու համար [131-139]: Աղ. 4.1-ում ներկայացված են բաստենիտ նյութերի որոշ բնութագրեր և կիրառման հնարավոր բնագավառներ (Բ-1...Բ-8-ով նշված են տարբեր տարիներին ստեղծված նյութերը): Առաջարկվող շփանյութերի բնութագրերը բավարարում էին միջազգային [73] ստանդարտների պահանջները:

«Բաստենիտ» ընդհանուր անվամբ պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ շփանյութերի կատարելագործման խնդիրները, կապված ՀՀ-ում գտնվող հանքանյութերի փոշիների և թելքերի կիրառման հետ, համարվում է կարևոր նյութագիտական խնդիր:

Արգելակային շփանյութերի բաղադրակազմերի վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ որպես ամրանավորող տարրեր ածխածնի, արամիդի, ապակե, բազալտե և բարձր մոդուլային մանրաթելքերը դեռևս լայն կիրառություն ունեն: Դրանց կիրառումը հնարավորություն է տալիս բարձրացնելու շփանյութերի ֆիզիկամեխանիկական, ջերմաֆիզիկական և շփամաշվածքային բնութագրերը, ապահովելով միջազգային ստանդարտներով նախատեսված պահանջները:

Ինչպես ցույց են տալիս հետազոտության արդյունքները, բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ արգելակային ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի շփամաշվածքային բնութագրերը կարելի է լավարկել բաղադրակազմի տարրերի տրոհման և մեխանաքիմիական ու կառուցվածքային փոխակերպումների ջերմաստիճանային կարգավորման միջոցով:

Աղյուսակ 4.1

Ասբեստազերծ բաստենիտ շփանյութերի հատկությունները և կիրառման բնագավառները

Հատկությունները	Բաստենիտ նյութեր							
	Բ-1 ԽՍՀՄ գյուտի վկայակ. N 966105 1982 թ.	Բ-2 ԽՍՀՄ գյուտի վկայակ. N 1142488 1985թ.	Բ-3 ԽՍՀՄ գյուտի վկայակ. N1224321 1986 թ.	Բ-4 ԽՍՀՄ գյուտի վկայակ. N 1094331 1984 թ.	Բ-5 ՌԴ պատենտ N2260018 2005 թ.	Բ-6 ՀՀ գյուտի վկայակ. N753 1999 թ.	Բ-7 ՀՀ գյուտի վկայակ. N2394 2010 թ.	Բ-8 ՀՀ գյուտի վկայակ. N2782 2013 թ.
Շփման գործակից	0,28...0,36	0,48...0,6	0,5...0,6	0,48...0,56	0,37...0,45	0,38...0,57	0,36...0,56	0,38...0,58
Մաշման ուժգնություն, $\times 10^{-5} \text{ գ/Ջ}$	0,92...1,08	1,85...2,15	1,85...2,1	1,8...2,2	1,85...2,3	1,8...2,2	1,8...2,1	1,7...2,0
Մակերևութային թույլատրելի ջերմաստիճան, °C	600	600	700	700	750	750	780	820
Ծավալային թույլատրելի ջերմաստիճան, °C	250	350	400	400	450	450	470	490
Տեսակարար թույլատրելի ճնշում, ՄՊա	4	6	8	12	12	12	13	14
Շփման թույլատրելի արագություն, մ/վ	22	28	32	36	36	36	36	42
Կիրառման բնագավառ	Վերամբարձ փոխադրիչ մեքենաներ	Ավտոմոբիլներ, դարբնոցա- մանլային սարքեր	Ավտոմոբիլներ, վերամբարձ փոխադրիչ մեքենաներ	Ավտոմոբիլներ, տրակտորներ, երկաթուղային տրանսպորտ				

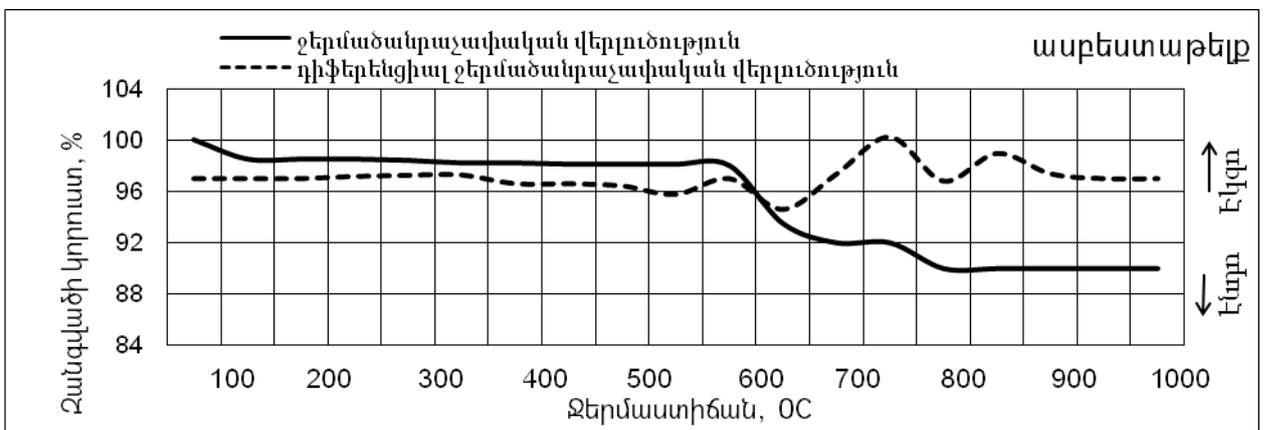
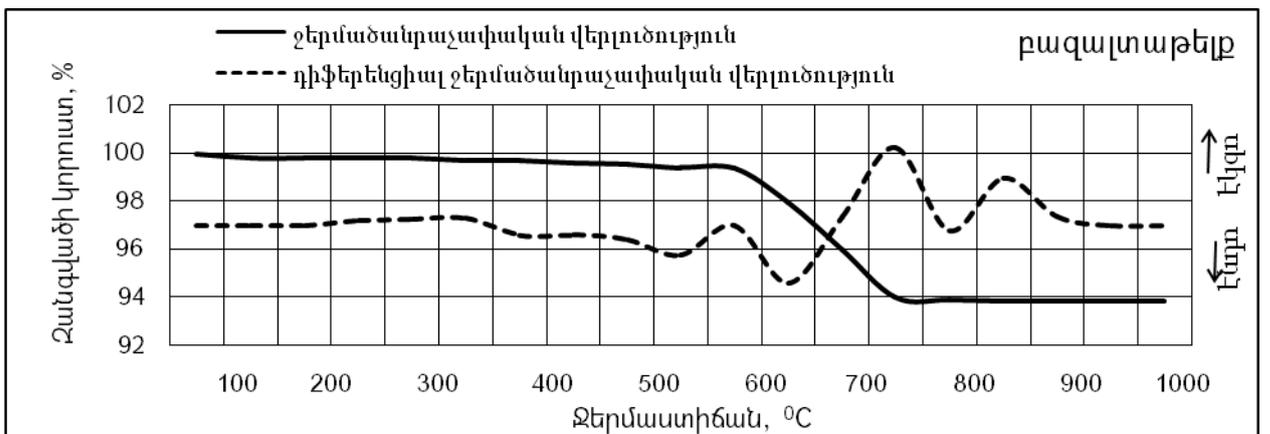
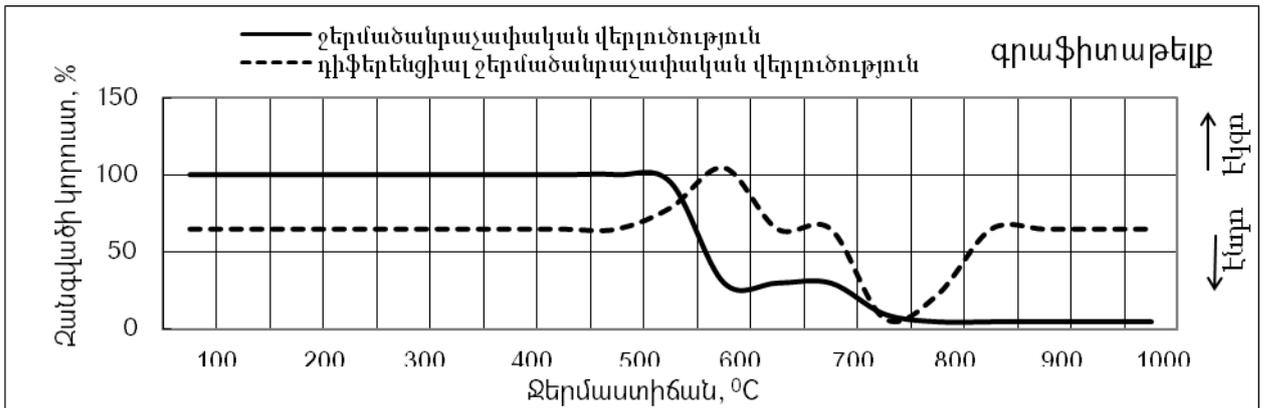
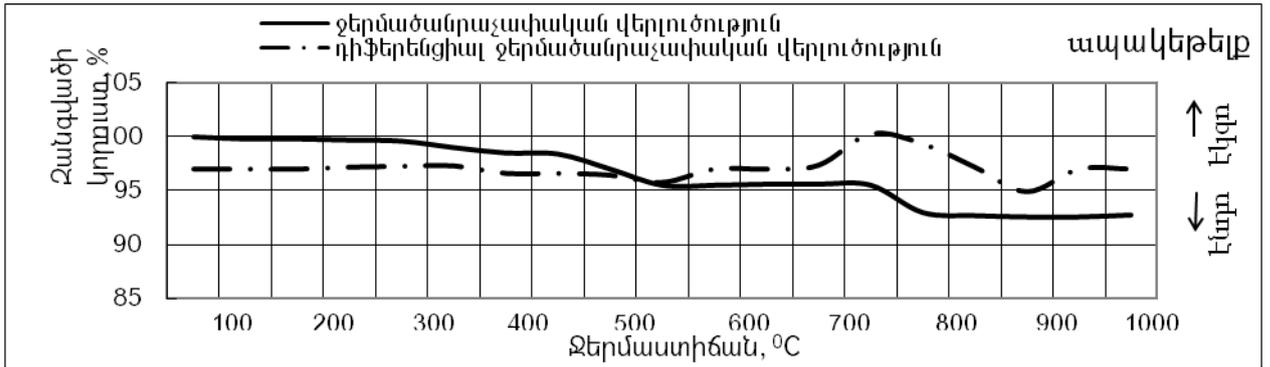
Անհրաժեշտ է համապատասխան լցանյութերի և կապակցող պոլիմերների ընտրությունը կատարել այնպես, որ այդ գործընթացները տեղի ունենան համեմատաբար ավելի բարձր ջերմաստիճանային տեղամասերում:

Բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ արգելակային ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի մշակման և առաջադրման նպատակով, հիմք ընդունելով նախկինում ստացված արդյունքները [5, 10, 140], որպես ամրանավորող բաղադրիչներ ուսումնասիրվել են Հայաստանի հանքաքարերից ստացված բազալտաթելը և ապակեթելը, ինչպես նաև գրաֆիտաթելը և ասբեստաթելը: Զերմադինամիկական հատկությունների համեմատական վերլուծությունները կատարվել են ջերմաձանրաչափական մեթոդով OД-102 դերիվատագրի միջոցով: Զանգվածի քանակի ազդեցությունը ջերմադինամիկական հատկությունների վրա բացառելու նպատակով՝ ընտրվել են նույն զանգվածով (25 գր) թելքեր: Դրանք տաքացվել են դերիվատագրի տաքացման խցում 10 °C/րոպ արագությամբ մինչև 1000 °C: Արդյունքները բերված են նկ. 4.1-ում:

Թելքերն ունեն ուժգին տրոհման ջերմաստիճանային տարբեր տիրույթներ: Ասբեստաթելքի ուժգին տրոհումը սկսվում է 600 °C ջերմաստիճանում և ավարտվում է 800 °C- ում, իսկ ապակեթելինը սկսվում է 750 °C ջերմաստիճանում և ավարտվում է մոտավորապես 850 °C-ի սահմաններում: Ընդ որում, նկատվում է ապակեթելքի տրոհման ջերմաստիճանային երեք տիրույթ: Սկզբում (250...400 °C) նկատվում է խոնավության կորուստ, այնուհետև տրոհվում են ապակեթելքի արտադրությունում օգտագործվող օրգանական միացությունները (420...550 °C): 750 °C-ից բարձր ջերմաստիճաններում նկատվում է թելքի տրոհում՝ մնացորդային նյութերի օքսիդացումով: Գրաֆիտաթելքի տրոհումը սկսվում է 550 °C և բնութագրվում է երկաստիճան ցիկլով: 550...650 °C պայմաններում տեղի է ունենում գրաֆիտաթելքի արտադրությունում օգտագործվող օրգանական միացությունների տրոհում, իսկ 730...820 °C նկատվում է գրաֆիտաթելքի մասնակի ածխածնացում:

Բազալտաթելքի ուժգին տրոհումը սկսվում է 550 °C-ից և ավարտվում է մոտ 800 °C-ում: Տրոհման ընթացքում նկատվում է զանգվածի կորուստ 5% չափով, ինչը,

համեմատած մյուս թելքերի զանգվածների կորուստների հետ, նվազագույնն է:



Նկ. 4.1. Տարբեր թելքերի ջերմաձանրաչափական և դիֆերենցիալ-ջերմաձանրաչափական վերլուծությունների կորերը

Վերլուծությունները ցույց են տալիս մեկ հանգամանք ևս: Բոլոր թելքերի ուժգին տրոհման հիմնական գործընթացները կրում են էկզոջերմային բնույթ. տրոհման ընթացքում անջատվում է որոշակի քանակությամբ ջերմություն: Դա երևում է դիֆերենցիալ -ջերմաձանրաչափական վերլուծությունների կորերի բնույթից: Այդպիսի ջերմության անջատումը լրացուցիչ կերպով բարձրացնում է շփահպակի ջերմաստիճանը, և մեծացնում ջերմաստիճանային գրադիենտը, նպաստելով շփանյութերի ավելի արագ քայքայմանը: Տրոհման գործընթացի մասնակի էնդոջերմային բնույթ նկատվում է գրաֆիտաթելքի ածխածնացման պարագայում և ելնելով դրանից՝ գրաֆիտաթելքը լայն տարածում է գտել գերծանր պայմաններում շահագործվող արգելակային շփանյութերի բաղադրակազմերում [47]:

Ապացուցված է նաև բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ արգելակային կոմպոզիտային շփանյութերում ապակեթելքի և բազալտաթելքի համատեղ օգտագործման արդյունավետությունը: Ասբեստաթելքի փոխարեն ապակե և բազալտաթելքերի համապատասխանաբար 40:60 հարաբերությամբ խառնուրդի օգտագործման դեպքում շփման մեխանաքիմիական փոխակերպումներն ընթանում են համեմատաբար բարձր ջերմաստիճաններում, ինչի հետևանքով շփման գործակիցի նվազագույն արժեքները նկատվում են ավելի բարձր ջերմաստիճաններում [110, 141]:

Այսպիսով, ժամանակակից բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ արգելակային կոմպոզիտային շփանյութերում լայն տարածում գտած ամրանային լցուկների տրոհման գործընթացները էկզոջերմային բնույթի են և սկսվում են հիմնականում 550 °C-ից բարձր ջերմաստիճանային պայմաններում: Այս փաստը ուղենիշ է հանդիսանում բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ արգելակային կոմպոզիտային նոր և ջերմակայուն շփանյութերի մշակման 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 գործընթացներն էնդոջերմային բնույթի են:

Ինչպես ցույց է տալիս հետազոտությունների արդյունքների վերլուծությունը, նշված հատկություններով օժտված են մագնեզիումի, կալցիումի, բարիումի սուլֆիդները և կարբոնատները [142]:

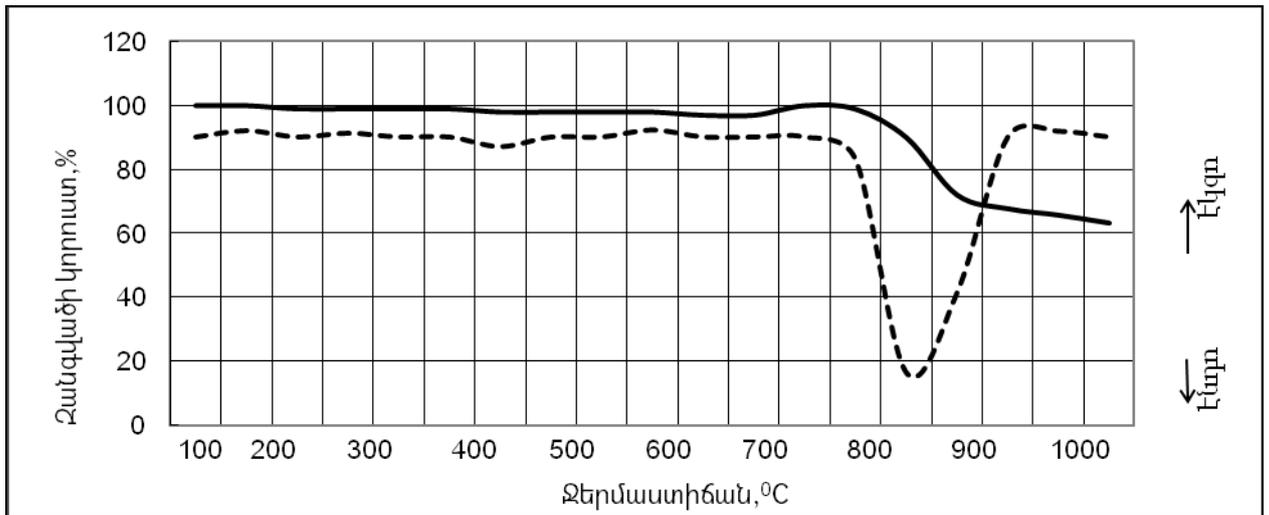
Նպատակ ունենալով բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ արգելակային ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի բաղադրակազմերում կիրառելու Հայաստանի հանքանյութերից ստացված փոշիները, ընտրվել և փորձագիտական հետազոտության են ենթարկվել կալցիումի կարբոնատով հարուստ հանքաքարերի փոշիները: Հետազոտությունների համար ընտրվել է մարմարի փոշին:

Մարմարը կերպափոխային ապար է՝ բաղկացած հիմնականում կալցիտի կամ դոլոմիտի հանքանյութից, որը կազմավորվել է բարձր ջերմաստիճանի և ճնշման ազդեցության տակ՝ կարբոնատների վերաբյուրեղացման արդյունքում [144]: Առավելություններից են էկոլոգիապես մաքուր լինելը և աղմուկը կլանելու հատկությունը, որոնք արգելակային շփանյութերի բաղադրիչների կարևոր հատկանիշներից են: Մարմարի բաղադրկազմում մեծ տոկոս է կազմում կալցիումի կարբոնատը, և սկզբում ջերմաձանրաչափական մեթոդով՝ ՕՃ-102 դերիվատագրի միջոցով ուսումնասիրվել են կալցիումի կարբոնատի ջերմադինամիկական հատկությունները: Արդյունքները ներկայացված են նկ. 4.2-ում:

Կալցիումի կարբոնատի ուժգին տրոհումը սկսվում է մոտավորապես 750 °C-ից և ավարտվում է 900 °C-ում: Տեղի է ունենում մոտ 40 % զանգվածի կորուստ, ինչը պայմանավորված է տրոհման ընթացքում օքսիդների առաջացմամբ [141]: Դիֆերենցիալ ջերմաձանրաչափական կորը բնորոշվում է էնդոջերմային բնույթով. կլանվում է ջերմության որոշակի քանակություն:

Հաստատվում է այն վարկածը, որ շփանյութերի բաղադրակազմերում կալցիումի կարբոնատի օգտագործման դեպքում 750 °C-ից բարձր ջերմաստիճաններում շփման պայմաններում, երբ տեղի է ունենում կապակցող նյութի և ամրանային տարրի տրոհումը, անջատվող ջերմության լրացուցիչ քանակությունը կկլանի կալցիումի կարբոնատը: Շփահպակի ջերմաստիճանի լրացուցիչ ավելացում չի նկատվի: Արդյունքում՝ տեղի կունենան շփման գործակիցի բարձրացում և կայունացում բարձր

ջերմաստիճանային շփման պայմաններում, քանի որ կփոքրանա շփման մակերեսի ջերմաստիճանը:

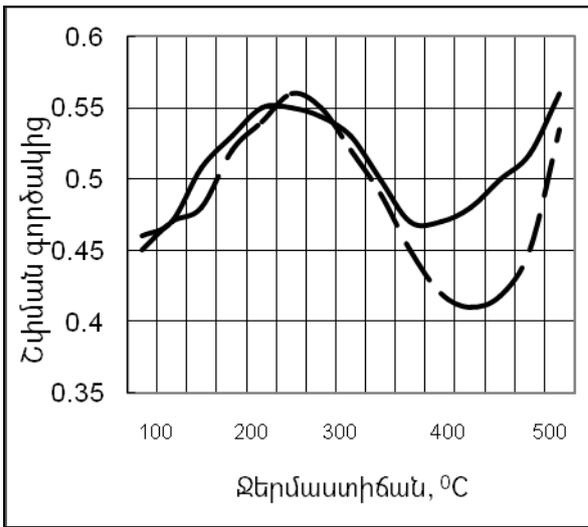


Նկ. 4.2. Կալցիումի կարբոնատի ջերմաձանրաչափական (—) և դիֆերենցիալ-ջերմաձանրաչափական (-----) վերլուծությունների կորերը

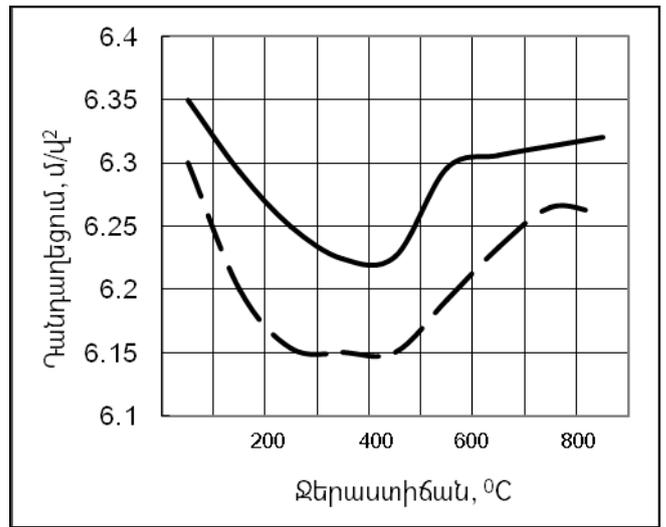
Վարկածի ստուգման նպատակով՝ միևնույն հումքից և բաղադրիչների անփոփոխ տոկոսային հարաբերությամբ պատրաստվել և փորձարկվել են ՌԴ БАТІ-АВТО ֆիրմայի կոմից արտադրվող և Lada (BA3) 2113 (Samara2) ավտոմեքենաների սկավառակային արգելակների ներդիրներ՝ կալցիումի կարբոնատով հարուստ մարմարի փոշով և առանց դրա: Համաձայն մշակված մեթոդակարգի՝ ներդիրների շփանյութերի փորձանմուշները ենթարկվել են լաբորատոր, իսկ ներդիրները՝ ստենդային փորձարկումների: Արդյունքները բերված են նկ. 4.3-ում:

Ինչպես ցույց են տալիս լաբորատոր փորձարկումների արդյունքները (նկ. 4.3, ա) մարմարի փոշով փորձանմուշը ջերմաստիճանի ամբողջ տիրույթում ունի ավելի բարձր շփման գործակիցներ քան առանց մարմարի փոշու փորձանմուշը: Բացի դրանից, համեմատաբար փոքր է շփման գործակիցի տատանման ամպլիտուդը: Շփման գործակիցի տատանման ամպլիտուդը մարմարի փոշով փորձանմուշի դեպքում կազմում է 0, 93, իսկ առանց մարմարի փոշով փորձանմուշի դեպքում՝ 0, 75:

Ստենդային փորձարկումները հաստատում են լաբորատոր փորձերի արդյունքները (նկ. 4.3, բ): Մարմարի փոշով ներդիրների դանդաղեցման արժեքներն ավելի մեծ են, իսկ դրանց տատանման ամպլիտուդը՝ ավելի փոքր:



ա



բ

Նկ. 4.3. Առանց մարմարի փոշու (---) և մարմարի փոշով (—) փորձանմուշների լաբորատոր (ա) և ներդիրների ստենդային (բ) փորձարկումների արդյունքերը

Այսպիսով, կալցիումի կարբոնատով հարուստ Հայաստանի բազմաբաղադրիչ հանքանյութերից մարմարի փոշու օգտագործումն արգելակային շփանյութերում ապահովում է նոր տեխնիկական արդյունավետություն: Շփանյութերի բարձր ջերմաստիճանային շփման պայմաններում ապահովվում են շփման գործակիցների բարձր և կայուն արժեքներ՝ շնորհիվ մարմարի փոշով շփանյութերի բաղադրակազմերի ամրանային տարրերի տրոհման գործընթացներում անջատված ջերմության լրացուցիչ քանակի կլանման:

Արգելակային շփանյութերում կիրառվող կապակցող նյութերի, լցուկների և շփման գործակցի կարգավորիչների ուսումնասիրման հիման վրա մշակվել և առաջադրվել է բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ արգելակային ջերմակայուն «Բաստենիտ-9» անվամբ կոմպոզիտային նոր շփանյութ:

Առաջարկվող շփանյութը որպես գիտական նորոյթ, ամրագրվել է ՀՀ գյուտի N 2909A արտոնագրով [145], համաձայն որի՝ ավտոմեքենաների արգելակային ներդիրների բաղադրանյութը, որը ներառում է ջերմառեակտիվ կապակցող նյութեր՝ ֆենոլֆորմալդեհիդային խեժ և բուտադիեն-նիտրիլային կաուչուկ, թելքավոր միներալային լցանյութեր՝ ապակեթելք և բազալտաթելք, անօրգանական լցանյութեր՝ բարիտային խտանյութ, տիտանի երկօքսիդ և շփման ու մաշման կարգավորիչ՝

գրաֆիտ, լրացուցիչ պարունակում է նաև անօրգանական լցանյութ՝ հեղուկ ապակի և մարմարի փոշի, իսկ որպես շփման և մաշման կարգավորիչ՝ նատրիումի տետրաբորատ, բաղադրամասերի հետևյալ հարաբերությամբ, զանգվ. %.

Ֆենոլֆորմալդեհիդային խեժ	11,0 - 16,0,
բուտադիեն-նիտրիլային կաուչուկ	1,0 - 7,0,
ապակեթելք	11,0 - 13,0,
բարիտային խտանյութ	22,0 - 35,0,
տիտանի երկօքսիդ	2,0 - 5,0,
գրաֆիտ	6,0 - 8,0,
նատրիումի տետրաբորատ	4,0 - 7,0,
հեղուկ ապակի	2,0 - 4,0,
մարմարի փոշի	2,0-5,0,
բազալտաթելք	մնացածը:

Բաստենիտ-9 շփանյութի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները բերված են աղ. 4.2-ում:

Աղյուսակ 4.2

Բաստենիտ-9 շփանյութի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները

Ցուցանիշը	Թվային արժեքը
Խտությունը, գ/սմ ³	2,8
Ջերմահաղորդականությունը, Վատ/մ,աստ	3,2
Առաձգականության մոդուլը, կՆ/մմ ²	5,9
Շփման ուղղությամբ առավելագույն թույլատրելի սահքի լարումը, ՄՊա	6,2
Շարժման ուղղությամբ առավելագույն թույլատրելի սեղմման լարումը, ՄՊա	68,4
Հեղուկ միջավայրերում զանգվածի ավելացումը, %	0,3
Հարվածային դիմացկանությունը, Նմ/սմ ²	2,4
Ցուցանիշների արժեքների ցրումը, %	2,8

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:

Ավտոմեքենաների բարձր արագությամբ (150 կմ/ժ և ավելի) շարժման ընթացքում արգելակելիս, ինչպես նաև լեռնային ճանապարհներում երթևեկելու դեպքում կարճատև-կրկնվող ռեժիմով արգելակման ժամանակ (արգելակումների միջև ընկած ժամանակահատվածը փոքր 15 վրկ) առաջացող համեմատաբար մեծ շփման ջերմաստիճանները պայմանավորում են շփական հպակում աշխատանքային մակերևութային ջերմաստիճանների արագ աճը: Շփակոնտակտում այն կազմում է գրեթե 1000 °C, որը ստեղծում է նպաստավոր պայմաններ շփանյութի մակերևութային շերտերի ուժգին մաշման և շփման գործակցի անկայուն և ցածր արժեքների համար:

Հեղուկ ապակու և մարմարի փոշու խառնուրդը խոչընդոտում է օրգանական կապակցող նյութերի քայքայմանը բարձր ջերմաստիճաններում: Շնորհիվ իրենց անմիջական կոնտակտման արգելակային սկավառակի մակերևութի հետ՝ այդ նյութերը հանդես են գալիս որպես ջերմության կլանիչներ և պաշտպանում են արգելակային ներդիրների շփման մակերևութն ուժգին մաշումից: Այդ նյութերի անմիջական կոնտակտման հետևանքով ստեղծվում են նաև պայմաններ բարձր և կայուն շփման գործակից ապահովելու համար: Շփահպակում հեղուկ ապակու և մարմարի փոշու առկայությունը արգելակում է 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:

Նատրիումի տետրաբորատի առկայությունը բաղադրակազմում սահմանափակում է արգելակի մետաղական սկավառակի ուժգին և աբրազիվային մաշումը բարձր ջերմաստիճաններում: Այն հանդես է գալիս որպես մակերևութային ակտիվ տարր, ապահովում է սկավառակի մաքրման գործընթացն առաջացող օքսիդներից և այլ

օտարածին նյութերից: Միաժամանակ, նատրիումի տետրաբորատը մեծացնում է արգելակային սկավառակի մակերևութային շերտերի ադիեզիան և աուտոհեզիան, որի շնորհիվ ապահովվում են շփման գործակցի մեծ և կայուն արժեքներ:

Ներկայացված ցուցանիշները փոխկապակցված են և դրանցից յուրաքանչյուրի փոփոխումը հանգեցնում է մշակված նյութի բնութագրերի նվազմանը: Այսպես, բաղադրանյութում հեղուկ ապակու և մարմարի փոշու բացակայությունը հանգեցնում է բաղադրանյութի մաշակայունության նվազմանը և շփման գործակցի կայունության փոքրացմանը, ինչը արձանագրվում է նաև առաջարկվող բաղադրակազմում դրանցից մեկի առանձին օգտագործման դեպքում: Նատրիումի տետրաբորատի բացակայության դեպքում նկատվում է շփման գործակցի արժեքների տատանման տիրույթի մեծացում 650...750 °C մակերևութային ջերմաստիճանային պայմաններում արգելակման ժամանակ: Միայն հեղուկ ապակու, մարմարի փոշու և նատրիումի տետրաբորատի համատեղ կիրառումն է ապահովում առաջադրված խնդրի լուծումը:

4.2. Առաջարկվող շփանյութերից արգելակային ներդիրների պատրաստման տեխնոլոգիայի մշակումը, սարքավորումների ընտրումը և հիմնավորումը

Սկավառակային արգելակների ներդիրների ժամանանակակից արտադրությունը բաղկացած է մի շարք փուլերից: Այն, հիմնականում, ներառում է հետևյալ տեխնոլոգիական գործընթացները՝ 1-մետաղական տակդիրի պատրաստում, 2-շփանյութի բաղադրակազմի ընտրություն և խառնուրդի պատրաստում, 3-մետաղական տակդիրի հետ միասին ներդիրի սառը և տաք մամլակաղապարում, 4-ներդիրների ջերմային և մեխանիկական մշակում, 5-լրացուցիչ տարրերի (զսպանակներ, սևեռիչներ և այլն) ամրացում, 6-ներկում, մակնիշավորում, փաթեթավորում և որակի վերահսկում: Նշվածներից հատկապես կարևոր են շփանյութի բաղադրակազմի ընտրության և խառնուրդի պատրաստման փուլերը:

Բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ արգելակային ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի բաղադրակազմում ընդգրկված են բազմաթիվ բաղադրիչներ: Դրանց մեխանիկական և ֆիզիկական հատկությունները,

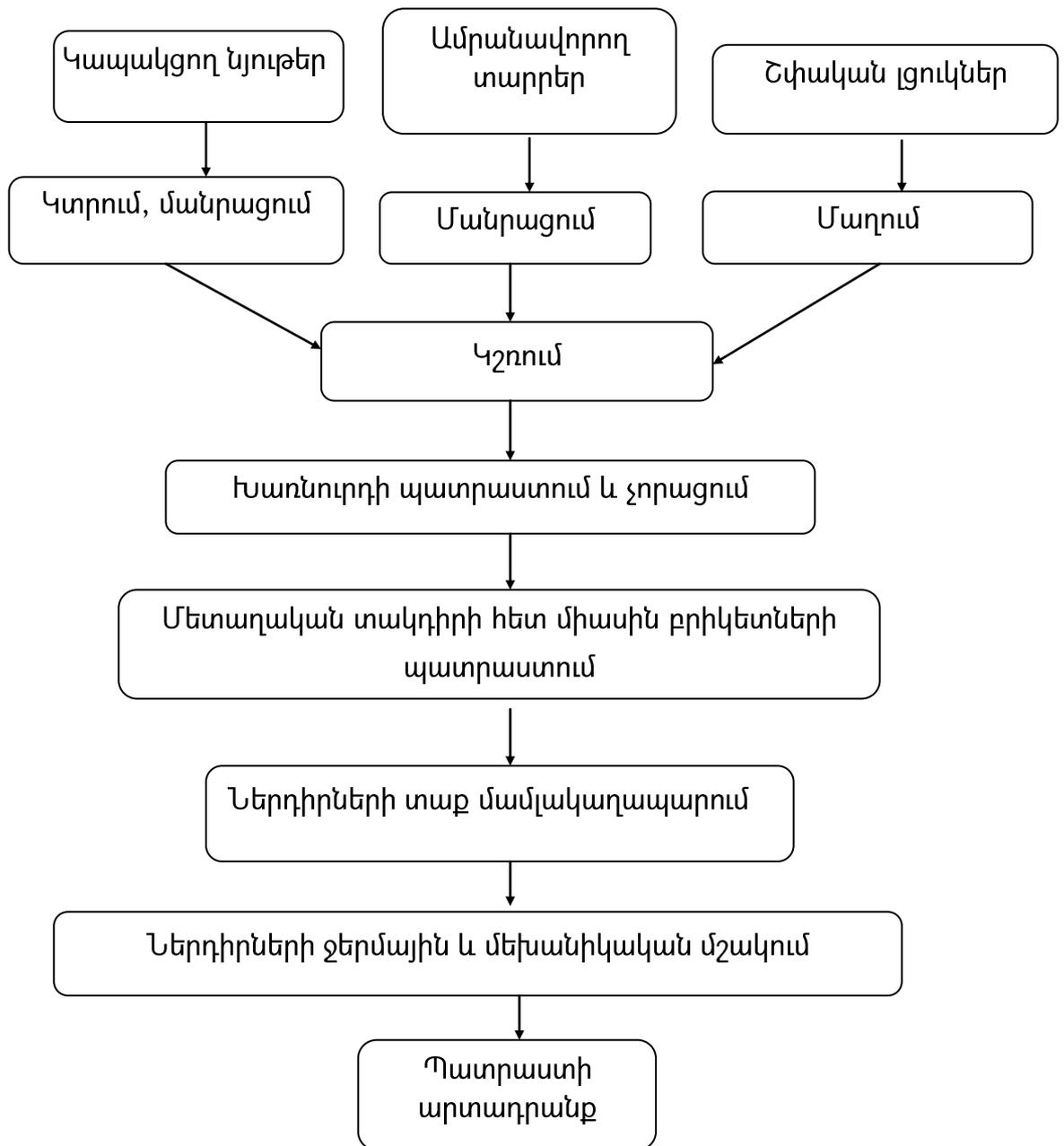
խառնուրդի պատրաստման ռեժիմներից կախված, ենթարկվում են փոփոխությունների և իրենց լուրջ ազդեցությունն են ունենում շփանյութի հատկությունների վրա: Անհրաժեշտություն է առաջանում յուրաքանչյուր շփանյութի համար մշակել բաղադրիչների խառնման հերթականության և խառնուրդի պատրաստման տեխնոլոգիա:

Ներկայումս մշակված են բաղադրիչների խառնման հերթականության և խառնուրդի պատրաստման բազմաթիվ տեխնոլոգիաներ [67, 146, 147]: Լայն տարածում է ստացել ռետինախառնիչներում առանց լուծիչների կիրառմամբ խառնման չոր եղանակը: Կախված կապակցող պոլիմերային նյութերի տեսակներից, ամրանավորող տարրերի տիպից ու պահանջվող չափերից և լցանյութերի շփագիտական հատկություններից՝ կիրառում են բաղադրիչների հերթականության ընտրության և խառնման միափուլ և բազմափուլ տեխնոլոգիաներ: Բաղադրիչների խառնման միափուլ տեխնոլոգիայով շփական ներդիրների արտադրության տեխնոլոգիական սխեման ներկայացված է նկ. 4.4-ում, իսկ տեխնոլոգիական ընթացակարգը՝ աղ. 4.3-ում:

Բաղադրիչների խառնման միափուլ տեխնոլոգիայով շփական ներդիրների արտադրության դեպքում միաժամանակ ռետինախառնիչի խառնման խուց են լցվում կապակցող նյութերը, ամրանավորող տարրերը և շփական լցուկները: Ռետինախառնիչի վերին փականը փակվում է, և մխոցը ստեղծում է ճնշում լցված զանգվածի վրա: Նախատեսված հաստատուն ճնշման, ջերմաստիճանի և z-ձև լիստենների պտուտաթվերի պայմաններում որոշակի ժամանակահատվածում տեղի է ունենում բաղադրակազմի խառնում և պահանջվող համասեռությամբ խառնուրդի պատրաստում: Սակայն, ինչպես ցույց են տալիս հետազոտությունների արդյունքները [26, 40], մետաղական փոշիների և հանքանյութերի փոշիների միաժամանակյա առկայությամբ համասեռ խառնուրդի ստացման գործընթացը դժվարանում է, և ոչ միշտ է ձևավորվում պահանջվող համասեռությամբ խառնուրդ: Դա պայմանավորված է բաղադրիչների ադիեզիոն հատկություններով:

Հանքանյութերի փոշիների ադիեզիոն հատկությունները տարբերվում են

մետաղական փոշիների հատկություններից, և խախտվում է կապակցող նյութերի բախշման համասեռության աստիճանը: Բացի դրանից, համակցված կապակցող նյութերի օգտագործման դեպքերում, ինչը շատ տարածված է ժամանակակից արգելակային կոմպոզիտային շփանյութերի բաղադրակազմում, խախտվում են նաև ռետինային և պոլիմերային կապակցող նյութերի միաժամանակյա մասնակի պոլիմերացման և ադիեզիոն գործընթացներն ամրանային տարրերի և շփական լցուկների հետ:



Նկ. 4.4. Բաղադրիչների խառնման միափուլ տեխնոլոգիայով շփական ներդիրների արտադրության տեխնոլոգիական սխեման

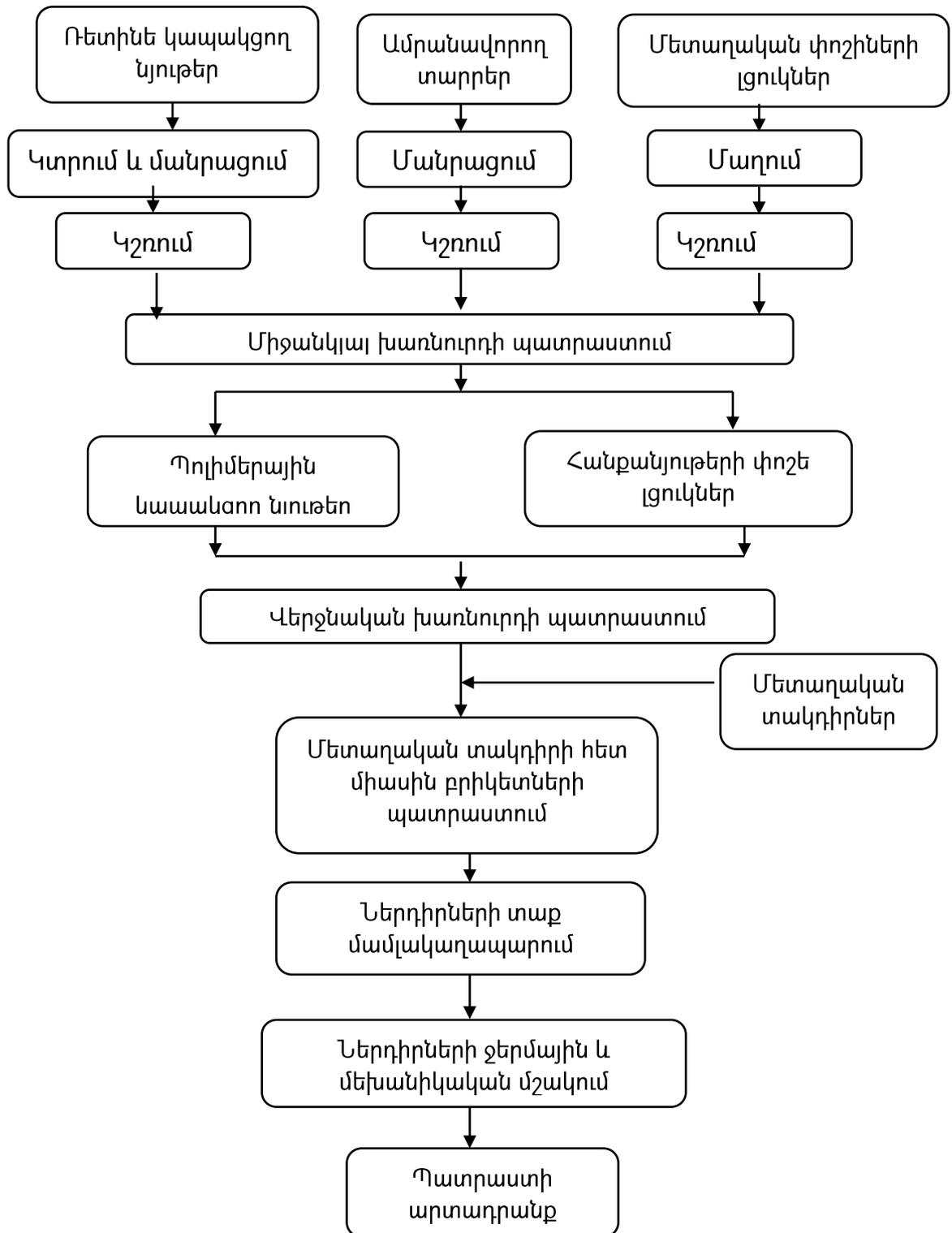
Բաղադրիչների խառնման միափուլ տեխնոլոգիայով շփական ներդիրների արտադրության տեխնոլոգիական ընթացակարգը

h/h	Տեխնոլոգիական գործընթացի անվանումը		Ռեժիմները	Սարքավորումը
1	Բաղադրիչների նախապատրաստում և կշռում	Ռետինի կտրում		Հիդրավլիկ դանակ ԴН-300
		Ամրանավորող տարրերի մանրացում		Դեզինտեգրատոր, ДР-4
		Շփական լցուկների մաղում		Մեխանիկական մաղեր, N3.5-0.8
2	Բաղադրիչների կշռում			Տեխ. կշեռքներ
3	Բաղադրիչների բեռնում, խառնուրդի պատրաստում և չորացում	<ul style="list-style-type: none"> - ջերմաստիճանը՝ 70-85 °C - ճնշումը՝ 0,2-0,6 ՄՊա - ժամանակը՝ 5-9 րոպ - պտուտաթվերը՝ 16-140 պտ/ր - հովացում բնական եղանակով 	Ռետինախառնիչ	
4	Մետաղական տակդիրի հետ միասին բրիկետների պատրաստում	<ul style="list-style-type: none"> - ջերմաստիճանը՝ 20-40 °C - ճնշումը՝ 40-60 ՄՊա - ժամանակը՝ 1-2 րոպ 	Հիդրավլիկ մամլիչ	
5	Ներդիրների տաք մամլակաղապարում	<ul style="list-style-type: none"> - ջերմաստիճանը՝ 160-175 °C - ճնշումը՝ 40-60 ՄՊա - ժամանակը՝ 1-1,5 րոպ շփանյութի 1 մմ հաստության համար 	Հիդրավլիկ մամլիչ	
6	Ներդիրների ջերմային մշակում	<ul style="list-style-type: none"> - ջերմաստիճանը՝ 220-240 °C - ժամանակը՝ 10-12 ժամ 	Ջերմային վառարան	
7	Ներդիրների մեխանիկական մշակում	- շփման մակերեսի ֆրեզում կամ հղկում	Ֆրեզման կամ հղկման հաստոց	
8	Պատրաստի արտադրանքի ձևավորում		Ըստ պատվիրատուի պահանջների	

Այդ թերությունը վերացվում է բաղադրիչների խառնման երկփուլ տեխնոլոգիայի կիրառմամբ: Մեթոդի առանձնահատկությունն այն է, որ միմյանցից տարանջատվում են ռետինային կապակցող նյութերի, ամրանային տարրերի, մետաղական փոշիների խառնման և պոլիմերային կապակցող նյութերի ու հանքանյութերի փոշիների

խառնման գործընթացները:

Բաղադրիչների խառնման երկփուլ տեխնոլոգիայով շփական ներդիրների արտադրության տեխնոլոգիական սխեման ներկայացված է նկ. 4.5-ում, իսկ տեխնոլոգիական ընթացակարգը՝ աղ. 4.4-ում:



Նկ. 4.5. Բաղադրիչների խառնման երկփուլ տեխնոլոգիայով շփական ներդիրների արտադրության տեխնոլոգիական սխեման

Բաղադրիչների խառնման երկփուլ տեխնոլոգիայով շփական ներդիրների արտադրության տեխնոլոգիական ընթացակարգը

h/h	Տեխնոլոգիական գործընթացի անվանումը	Ռեժիմները	Սարքավորումը
1	Բաղադրիչների նախապատրաստում և կշռում	Ռետինի կտրում	Հիդրավլիկ դանակ ԴН-300
		Ամրանավորող տարրերի մանրացում	Դեզինտեգրատոր ДР-4
		Շփական լցուկների մաղում	Մեխանիկական մաղեր, N3.5-0.8
2	Բաղադրիչների կշռում		Տեխն. կշեռքներ
3	Ռետինե կապակցող նյութերի, ամրանավորող տարրերի և մետաղական փոշիների բեռնում և միջանկյալ խառնուրդի պատրաստում	- ջերմաստիճանը՝ 60-75 °C - ճնշումը՝ 0,2-0,4 ՄՊա - ժամանակը՝ 4-6 րոպ - պտուտաթվերը՝ 16-40 պտ/ր	Ռետինախառնիչ
4	Պոլիմերային կապակցող նյութերի և հանքանյութերի փոշե լցուկների բեռնում, վերջնական խառնուրդի պատրաստում և չորացում	- ջերմաստիճանը՝ 70-85 °C - ճնշումը՝ 0,2-0,6 ՄՊա - ժամանակը՝ 5-9 րոպ - պտուտաթվերը՝ 16-40 պտ/ր - բնական հովացում	Ռետինախառնիչ
5	Մետաղական տակդիրի հետ միասին բրիկետների պատրաստում	- ջերմաստիճանը՝ 20-40 °C - ճնշումը՝ 40-60 ՄՊա - ժամանակը՝ 1-2 րոպ	Հիդրավլիկ մամլիչ
6	Ներդիրների տաք մամլակաղապարում	- ջերմաստիճանը՝ 160-175 °C - ճնշումը՝ 40-60 ՄՊա - ժամանակը՝ 1-1,5 րոպ շփանյութի 1 մմ հաստության համար	Հիդրավլիկ մամլիչ
7	Ներդիրների ջերմային մշակում	- ջերմաստիճանը՝ 220-240 °C - ժամանակը՝ 10-12 ժամ	Ջերմային վառարան
8	Ներդիրների մեխանիկական մշակում	- շփման մակերեսի ֆրեզում կամ հղկում	Ֆրեզման կամ հղկման հաստոց
9	Պատրաստի արտադրանքի ձևավորում	Ըստ պատվիրատուի պահանջների	

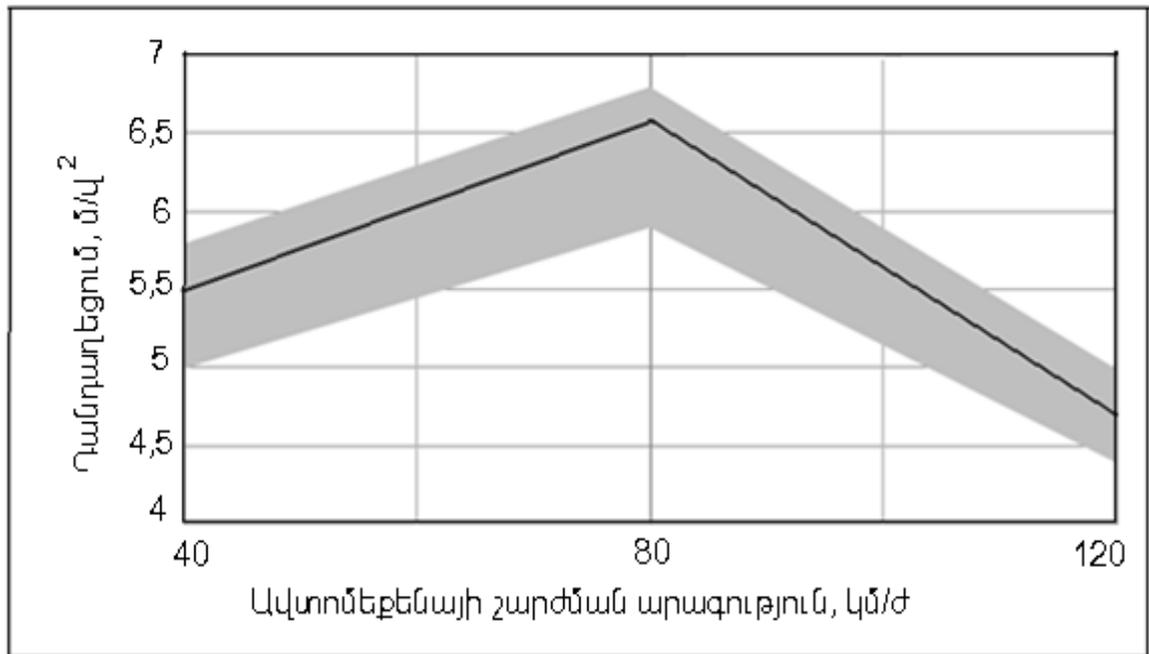
Բաստենիտ-9 շփանյութի վերջնական խառնուրդի պատրաստումն իրականացվում է հետևյալ հաջորդականությամբ: 70 °C տաքացված պայմաններում ռետինախառնիչի խառնման խուց են լցվում ռետինե կապակցող նյութը, ապակե- և բազալտաթելքերը, տիտանի երկօքսիդի և մարմարի փոշիները: Զանգվածը 4 ռոպ տևողությամբ խառնվում է 0,5 ՄՊա ճնշման և z-ձև լիսեռների 22 պտ/րոպ պտուտաթվերի պայմաններում: Այնուհետև, առանց դադարեցնելու ռետինախառնիչի աշխատանքը, ավելացվում են 10-50 մկմ չափերով ֆենոլֆորմալդեհիդը, բարիտի խտանյութը, գրաֆիտը, հեղուկ ապակին և նատրիումի տետրաբորատը: Զանգվածը 6 ռոպ տևողությամբ խառնվում է 0,6 ՄՊա ճնշման և z-ձև լիսեռների 25 պտ/րոպ պտուտաթվերի պայմաններում: Ռետինախառնիչի բեռնաթափումից հետո, ներքին լարումները հանելու նպատակով, վերջնական խառնուրդը հովացվում է մինչև սենյակային ջերմաստիճան:

Բաստենիտ-9 շփանյութից ներդիրների պատրաստումը մետաղական տակդիրների հետ միասին կատարվում է աղ. 4.2.-ում նշված ընթացակարգով 170 °C ջերմաստիճանային և 60 ՄՊա ճնշման պայմաններում: Ներդիրների ջերմային մշակումը կատարվում է ջերմային վառարաններում 230 °C պայմաններում 11 ժամ տևողությամբ:

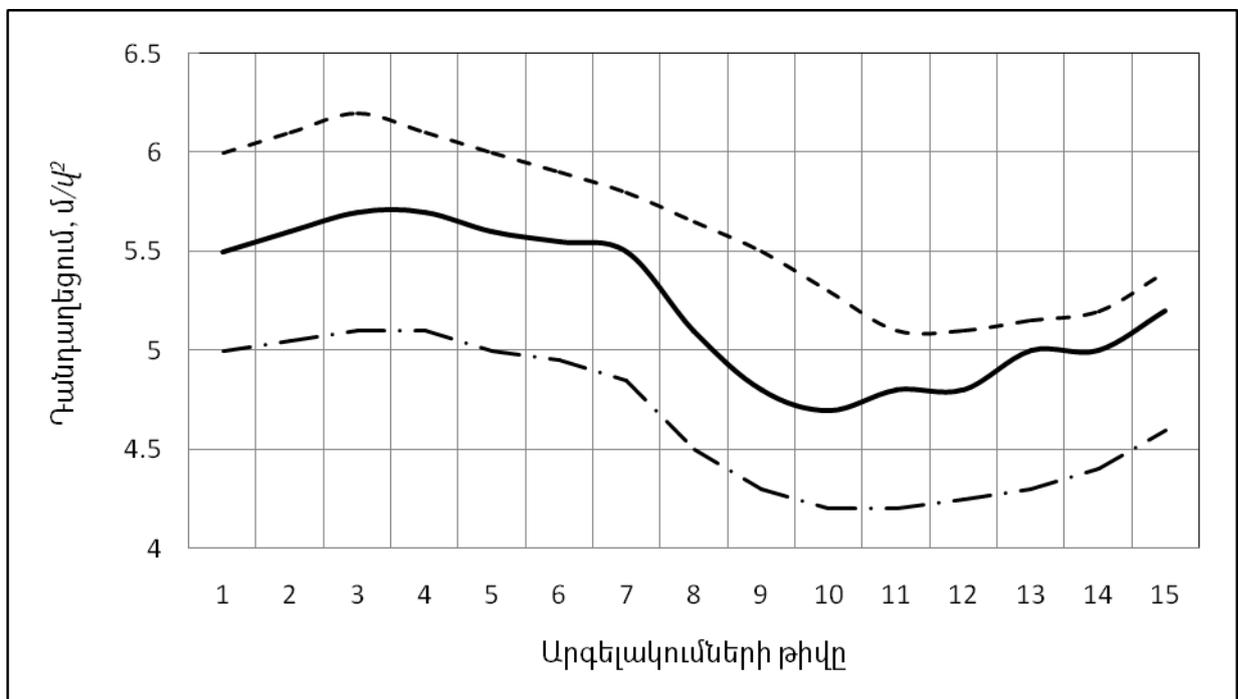
Առաջարկվող տեխնոլոգիայով Բաստենիտ-9 շփանյութից պատրաստված ներդիրների շփագիտական հատկությունների ուսումնասիրման և դրանց համապատասխանությունը միջազգային ստանդարտների պահանջներին ստուգելու նպատակով պատրաստվել է Lada (BA3) 2113 (Samara2) ավտոմեքենաների սկավառակային արգելակների ներդիրներ, որոնք փորձարկվել են TC-1 իներցիոն ստենդի վրա, և արդյունքները համեմատվել միջազգային [73] ստանդարտի նորմատիվային բնութագրերի հետ: Արդյունքները բերված են նկ. 4.6 - նկ. 4.8-ում:

Ինչպես երևում է փորձարկման արդյունքներից, Բաստենիտ-9 շփանյութից պատրաստված ներդիրների արգելակման արդյունավետության (նկ. 4.6), կորստի (նկ. 4.7) և արգելակման արդյունավետության կորստի վերականգնման (նկ. 4.8) բնութագրերը գտնվում են միջազգային [73] ստանդարտի նորմատիվային

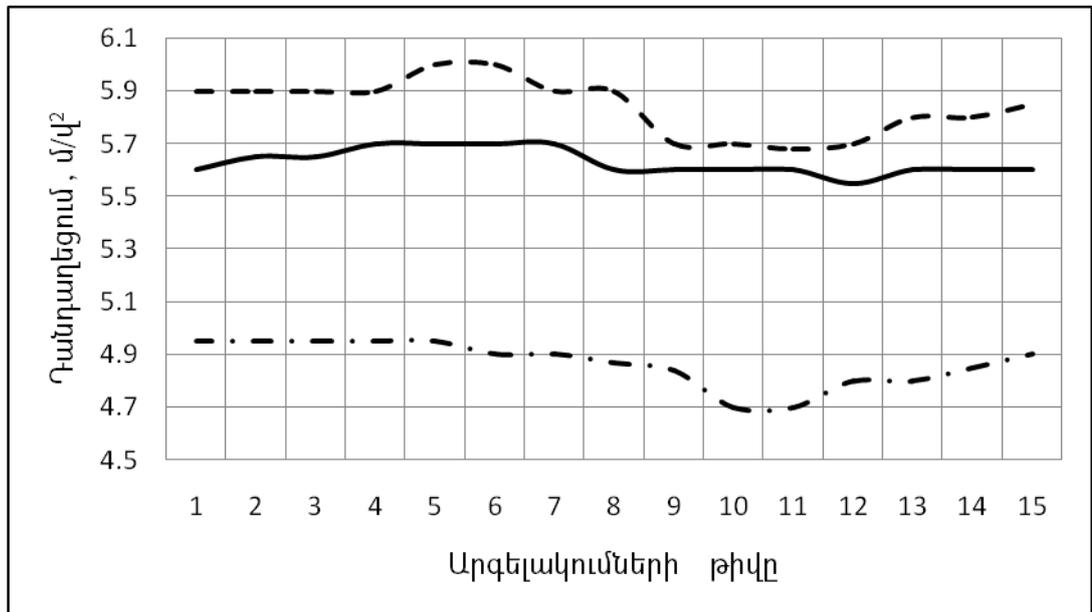
բնութագրերի տիրույթում, և արժեքների ցրման դաշտը չի գերազանցում 15 %-ը:



Նկ. 4.6. Արգելակման արդյունավետությունը՝ կախված մեքենայի շարժման արագությունից. (—) – առաջարկվող Բաստենիտ-9 շփանյութ, (■) – բնութագրերի նորմատիվային տիրույթ



Նկ. 4.7. Արգելակման արդյունավետության կորստի գնահատումը. (---) – նորմատիվային առավելագույն արժեքներ (- · -) – նորմատիվային նվազագույն արժեքներ, (—) – Բաստենիտ-9



Նկ. 4.8. Արգելակման արդյունավետության կորստի վերականգնման գնահատումը. (---) – նորմատիվային առավելագույն արժեքներ (- · -) – նորմատիվային նվազագույն արժեքներ, (—) - Բաստենիտ-9

Առաջարկվող տեխնոլոգիայով Բաստենիտ-9 կոմպոզիտից պատրաստված արգելակային ներդիրներն ունեն թույլատրելի հատկություններ և իրենց բնութագրերով բավարարում են ՄԱԿ-ի ԵՏԽ [73] ստանդարտի անվտանգության պահանջները:

4.3. Բաստենիտ-9 շփանյութի շփական հատկությունների ուսումնասիրումը

Մարդատար ավտոմեքենաների արգելակներ: Մարդատար ավտոմեքենաների սկավառակային արգելակներում կիրառելու նպատակով անհրաժեշտություն է առաջանում կատարել առաջադրված Բաստենիտ-9 տիպի արգելակային շփանյութի համեմատական փորձագիտական հետազոտում և աշխատունակության գնահատում՝ ըստ միջազգային ստանդարտների պահանջների [73-75]:

Համեմատական փորձագիտական հետազոտության են ենթարկվել Բաստենիտ-9 տիպի և ավտոպահեստամասերի շուկայում լայն տարածում գտած, ՀՀ ներմուծվող արտասահմանյան մակնիշների մարդատար տրանսպորտային միջոցների սկավառակային արգելակներում կիրառվող, Textar, ATE և Bosch ֆիրմաների կողմից արտադրվող շփանյութերը: TC-1 իներցիոն ստենդի վրա փորձարկվել են BA3-2113

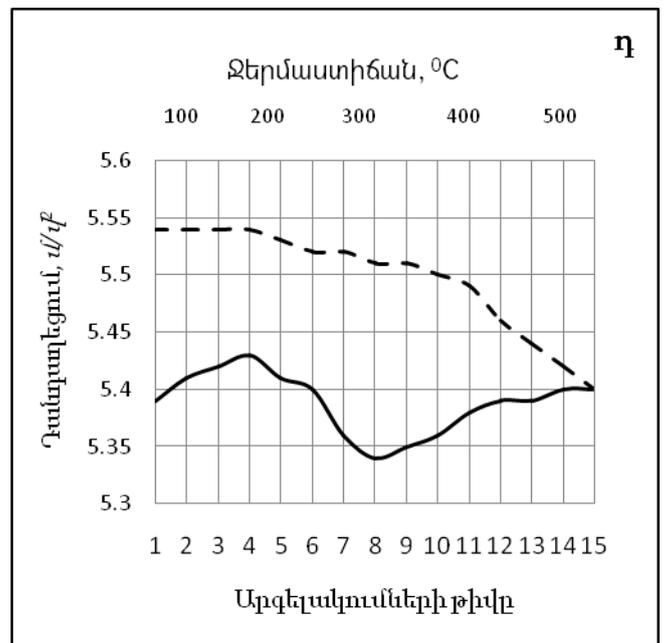
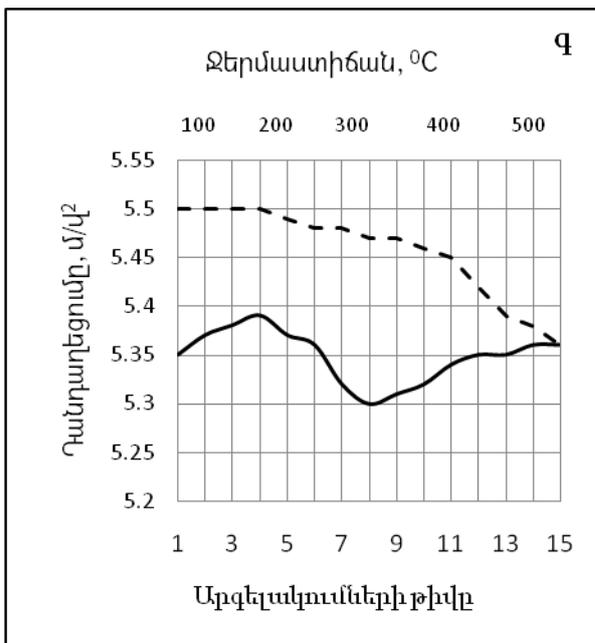
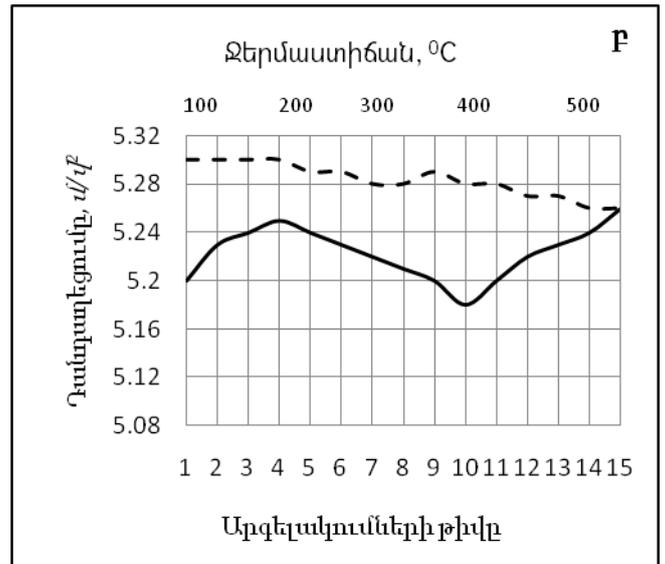
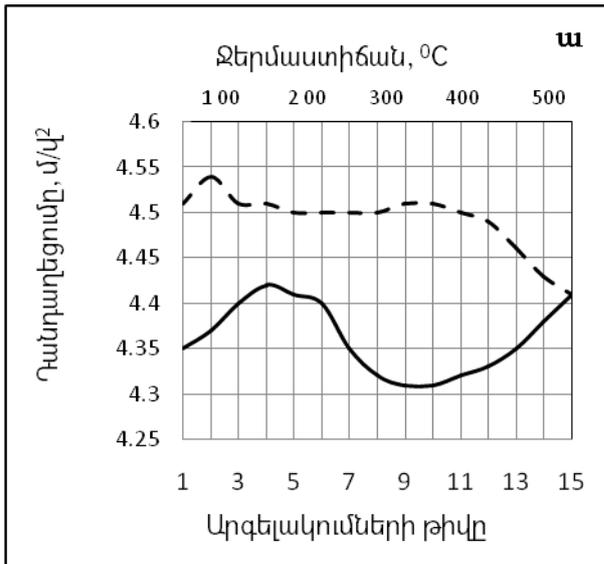
ավտոմեքենաների սկավառակային արգելակների շփական ներդիրները՝ ըստ [73] ստանդարտների պահանջների: Արգելակման արդյունավետության կորստի և վերականգնման փոփոխությունները, կախված արգելակումների թվից և մակերևութային ջերմաստիճանից, ներկայացված են նկ. 4.9-ում: Արգելակման արդյունավետության կորստի փոփոխությունները, կախված ավտոմեքենայի շարժման արագությունից և հաղորդակի ճնշումից, ներկայացված են նկ. 4.10-ում:

Արդյունքների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ ջերմաստիճանային ամբողջ տիրույթում (100...600 °C) Բաստենիտ-9 տիպի կոմպոզիտից պատրաստված շփական ներդիրներն արգելակման արդյունավետությամբ գերազանցում են մնացածներին: Շփման մակերևութի ջերմաստիճանի բարձրացման պայմաններում Բաստենիտ-9 կոմպոզիտի դանդաղեցման արժեքների տատանման տիրույթն ընկած է 5,34...5,43 մ/վ² սահմաններում, այն դեպքում երբ Textar, ATE և Bosch ֆիրմաների կողմից արտադրվող շփանյութերից պատրաստված շփական ներդիրների դանդաղեցումները նմանատիպ պայմաններում ցուցաբերում են 4,21...5,38 մ/վ² արժեքներ, ինչը ևս հաստատում է Բաստենիտ-9 բաղադրակազմի կայուն շփագիտական հատկություններ ունենալու փաստը: Բաստենիտ-9 կոմպոզիտից պատրաստված շփական ներդիրների արգելակման արդյունավետության կորստի և վերականգնման բնութագրերի տատանման ամպլիտուդը չի գերազանցում 15 %-ը (նկ. 4.9), որը բավարարում է միջազգային [73] ստանդարտի պահանջները:

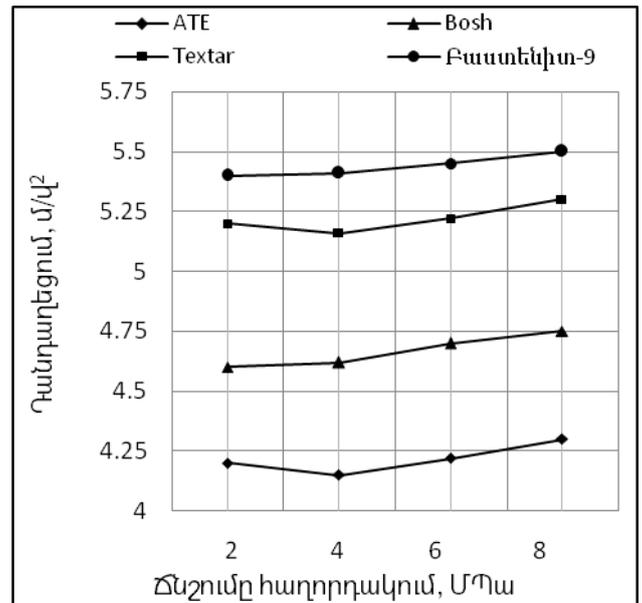
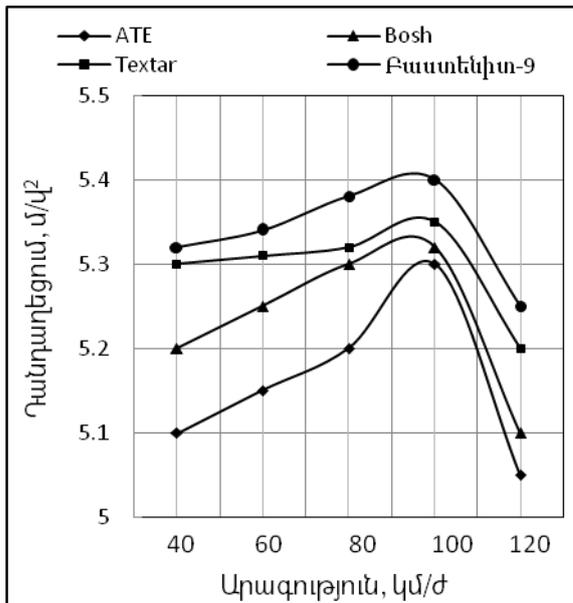
Նկ. 4.9.-ից հետևում է նաև, որ Բաստենիտ-9 կոմպոզիտի և սերիական նյութերի դանդաղեցման կախումները ջերմաստիճանից որակապես քիչ են տարբերվում միմյանցից, սակայն Բաստենիտ-9 կոմպոզիտի կորերը բնութագրվում են ավելի բարձր արժեքներով: Ընդ որում, Բաստենիտ-9 կոմպոզիտի դանդաղեցման նվազագույն արժեքի գոտին գտնվում է ավելի բարձր ջերմաստիճանների տիրույթում (նկ. 4.9, դ), ինչը հաստատում է բաղադրակազմի տրոհման բարձրաջերմաստիճանային շեղման փաստը:

Բաստենիտ-9 կոմպոզիտից պատրաստված շփական ներդիրների արգելակման արդյունավետության ցուցանիշները ևս, կախված տրանսպորտային միջոցի շարժման

արագությունից (նկ. 4.10, ա) և հաղորդակի ճնշումից (նկ. 4.10, բ), կայուն են և իրենց արժեքներով գերազանցում են Textar, ATE և Bosch ֆիրմաների կողմից արտադրվող շփանյութերից պատրաստված շփական ներդիրների արժեքները: Արգելակման արդյունավետության կորստի (դանդաղեցման) առավելագույն և նվազագույն արժեքների տարբերությունը չի գերազանցում 0,15 մ/վ², այն դեպքում, երբ մյուս փորձարկվող նյութերի համար այն մեծ է 0,21 մ/վ² –ից:



Նկ. 4.9. Արգելակման արդյունավետության կորստի (—) և վերականգնման (----) փոփոխությունները՝ կախված արգելակումների թվից և մակերևութային ջերմաստիճանից. ա-ATE, բ-Bosch, գ-Textar, դ-Բաստենիտ-9



Նկ. 4.10. Արգելակման արդյունավետության կորստի փոփոխությունները կախված ավտոմեքենայի շարժման արագությունից և հաղորդակի ճնշումից

Փորձերի արդյունքները ցույց են տալիս, որ սկավառակային արգելակի շփման զույգի աշխատունակությունը սահմանափակ է, և արգելակային շփական ներդիրներն աշխատում են չափավոր մաշվելու ռեժիմով՝ մինչև 350...450°C-ի դեպքում, իսկ ավելի բարձր ջերմաստիճաններում՝ ուժգին մաշվածքի ռեժիմում:

Շփական ներդիրների մաշակայունության որոշման նպատակով կատարվել են փորձարկումներ աղ. 4.3-ում բերված ռեժիմերով, և որոշվել դրանց գծային մաշման արժեքները: Այնուհետև հաշվարկվել է ներդիրների մաշակայունությունը հետևյալ բանաձևով [10]՝

$$I = \frac{A_y \cdot Z^2}{\Delta h \cdot \sum_{i=1}^z t_i} \quad \text{Ջ/(սմ}^2 \cdot \text{վ} \cdot \text{մմ)},$$

որտեղ A_y -ը շփման ուժերի կատարած տեսակարար աշխատանքն է Z արգելակումների ընթացքում, Δh -ը՝ շփանյութերի գծային մաշման չափը, Z -ը՝ արգելակումների թիվը, t_i -ն՝ i -րդ արգելակման ժամանակահատվածը:

Հաշվարկի արդյունքները բերված են աղ. 4.5-ում, համաձայն որի՝ Բաստենիտ-9 կոմպոզիտն իր մաշակայունությամբ գերազանցում է մնացած շփանյութերին, որոնցից համեմատաբար բարձր մաշակայունություն ունի Textar տիպի շփանյութը:

Շփական ներդիրների մաշակայունությունը

Շփանյութ	Հաշվարկային պարամետրեր				
	ներդիրի գծային մաշումը, մմ	արգելակումների թիվը,	շփման ուժերի կատարած տեսակարար աշխատանքը, Ջ	գումարային արգելակման ժամանակ, վ	մաշակայունություն, $\text{ԿՋ}/(\text{սմ}^2 \cdot \text{վ} \cdot \text{մմ})$
Textar	0,42	15	2820	518,71	2,913
ATE	0,46			527,53	2,615
Bosch	0,47			527,13	2,936
Բաստենիտ-9	0,41			492,12	3,145

Այսպիսով, առաջարկվող բազմաբաղադրիչ նյութերի հիմքով պատրաստված ջերմակայուն Բաստենիտ-9 արգելակային շփական կոմպոզիտն իր շփագիտական հատկություններով ամբողջ աշխատանքային ջերմաստիճանային տիրույթում գերազանցում է ընտրված շփանյութերին, ցուցաբերում է ավելի բարձր ու կայուն արգելակային արդյունավետություն և բնութագրերով բավարարում է Եվրոպական Տնտեսական Խորհրդի թիվ 13 ստանդարտի պահանջները [73]: Առաջարկվում է այն կիրառել մարդատար ավտոմեքենաների սկավառակային արգելակների շփական ներդիրների պատրաստման համար:

Բեռնատար ավտոմեքենաների արգելակներ: ՀՀ-ում շահագործվող ծանր բեռնատար ավտոմեքենաները դեռևս հանրապետության բեռնափոխադրումների արտահանման և ներկրման հիմնական միջոցներից են: ՀՀ-ում, բեռնափոխադրումների ծավալի աճին զուգահեռ, ավելանում են նաև շահագործվող արտասահմանյան արտադրության ծանր բեռնատարների (MAN, DAF, Iveco, Mercedes և այլն) թվաքանակը: Շահագործվող ավտոմեքենաների արգելակային հանգույցներում օգտագործում են Եվրոպական երկրներից և Թուրքիայից ներկրվող արգելակային կոճղակներ: Առաջին դեպքում կոճղակներն առանձնանում են իրենց բարձր ինքնարժեքով (մեկ կոմպլեկտի միջին գինը՝ 100...120 եվրո), իսկ երկրորդ դեպքում՝ շահագործողական բնութագրերով չեն ապահովում միջազգային ստանդարտների

պահանջները: Ընդ որում, վերջին տասնամյակում ծանր բեռնատար ավտոմեքենաների արգելակային կոճղակների շուկան ենթարկվել է էական փոփոխությունների: Դրանք պայմանավորված են թմբուկային արգելակների փոխարեն մասնակի սկավառակային արգելակների կիրառմամբ և ասբեստազերծ շփանյութերի ակտիվ որոնումով: Այս հարցի լուծմանն այսօր ուղղված են աշխարհի շատ արդյունաբերական կորպորացիաների, գիտահետազոտական կառույցների և առանձին գիտնականների ջանքերը: Հետազոտությունների մասշտաբը պատկերացնելու համար բավական է նշել այն փաստը, որ միայն Եվրոպայում հանրաճանանչ TMD Friction GmbH ֆիրմայի կողմից ասբեստազերծ բաղադրակազմերի որոնողական հետազոտությունների համար ծախսվել են տարեկան 24 մլն դոլարից ավելի միջոցներ:

Հնարավորության դեպքում, Բաստենիտ-9 դասի շփանյութերի օգտագործումը ծանր բեռնատար ավտոմեքենաների արգելակային հանգույցներում կապահովի տեխնիկական և տնտեսական արդյունավետություն:

Ծանր բեռնատար ավտոմեքենաների թմբուկային արգելակներում Բաստենիտ-9 դասի շփանյութերից պատրաստված ներդիրների օգտագործման նպատակով՝ անհրաժեշտություն է առաջացել կատարելու լրացուցիչ հետազոտություններ [133]:

Մասնավորապես, անհրաժեշտ է բացահայտել Բաստենիտ-9 շփանյութի շփամաշվածքային բնութագրերի համապատասխանությունը միջազգային [28] ստանդարտների պահանջներին՝ բեռնատար մեքենաների թմբուկային արգելակային ներդիրների շահագործողական ռեժիմների պայմաններում:

Փորձագիտական հետազոտությունների են ենթարկվել Բաստենիտ-9 շփանյութից և եվրոպական JURID ֆիրմայի կողմից արտադրված և միջազգային [75] ստանդարտների պահանջներին համապատասխանող WVA 19032 BFMC, WVA 19283 BFMC մակնիշների շփանյութերից (MAN, DAF, IVECO բեռնատարների թմբուկավոր արգելակների ներդիրների շփանյութեր) պատրաստված փորձանմուշները: Փորձարկումները կատարվել են TC-1 իներցիոն ստենդի վրա աղ. 4.6-ում բերված ռեժիմային պարամետրերով:

Արգելակման արդյունավետության, արդյունավետության կորստի և արդյունավետության կորստի վերականգնման որոշման արդյունքները ներկայացված են նկ. 4.11-ում, իսկ մաշակայունության գնահատման արդյունքները՝ նկ. 4.12-ում:

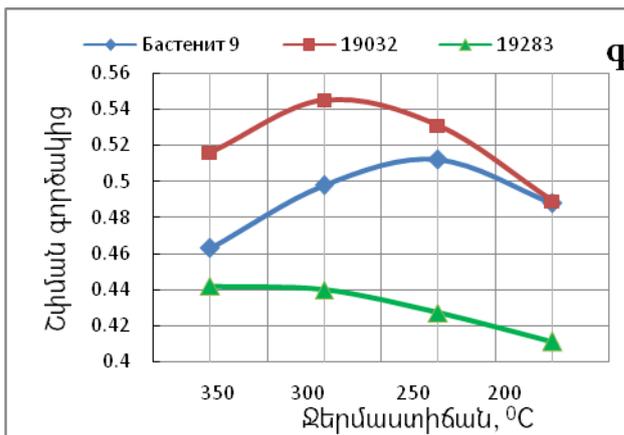
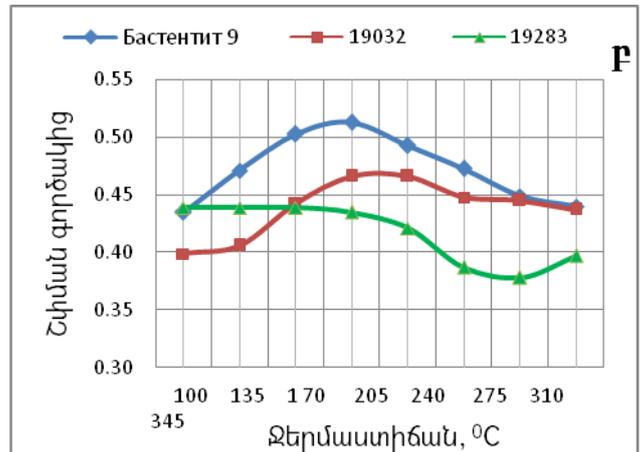
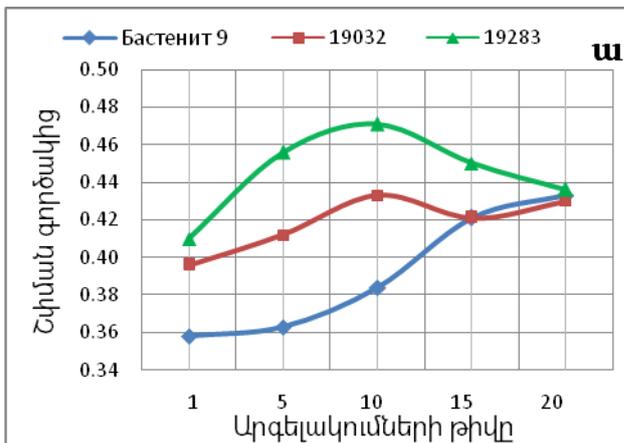
Աղյուսակ 4.6

Փորձարկման ռեժիմները և փուլերը

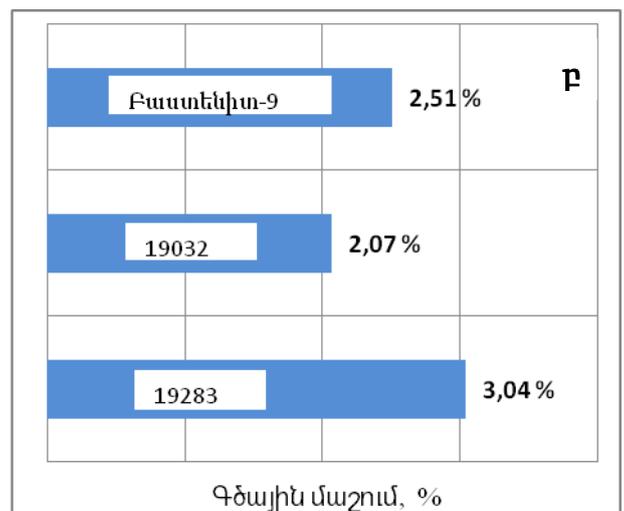
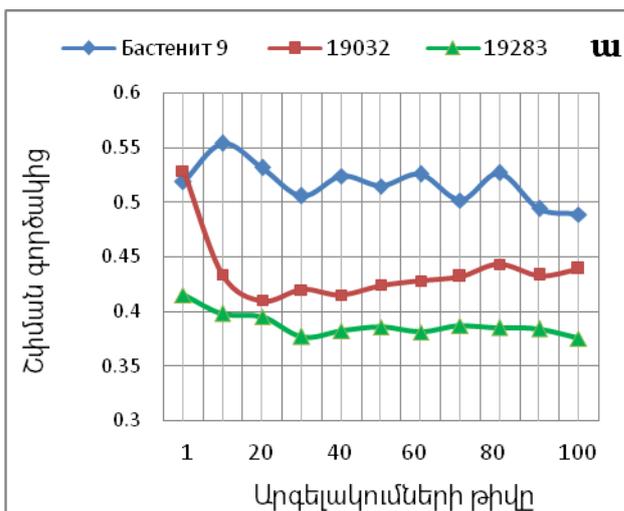
№	Փորձարկման փուլերը	Առաջադրվող պարամետրերը			
		արգելակման սկզբնական արագությունը, V, մ/վ	ներդիրի մակերեսի ջերմաստիճանը, θ , °C	արգելակումների հաճախության ժամանակը, t, վ	արգելակումների քանակը, Z
1	Զելում	22,2	մինչև 100 °C	—	—
2	Արգելակման արդյունավետության որոշում	11,1 22,2 31,9	սկզբնական 50 °C	—	3 3 3
3	Արգելակման արդյունավետության կորստի որոշում	31,9	սկզբնական 50 °C	60	15
4	Արգելակման արդյունավետության կորստի վերականգնման որոշում	31,9	սկզբնականը 3-րդ փուլի 15-րդ արգելակման θ մինչև 100 °C	ըստ 50 °C սառեցման ժամանակի	3 յուրաքանչյուր θ համար
5	Ներդիրների մաշակայունության գնահատում	31,9.. .13,4	սկզբնական 100 °C մինչև 200 °C	—	100

Վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ Բաստենիտ-9 շփանյութը արգելակման արդյունավետության կորստի բնութագրերով (նկ.4.11, բ) ամբողջ ջերմաստիճանային տիրույթում գերազանցում է 19032 և 19283 մակնիշների շփանյութերին, և շփման գործակցի արժեքների ցրման դաշտը չի գերազանցում 5%, ինչը բավարարում է [75] ստանդարտի պահանջները: Արգելակման արդյունավետության կորստի վերականգնման բնութագրերով Բաստենիտ-9 շփանյութը ցուցաբերում է միջին տվյալներ: Բաստենիտ-9 շփանյութի գծային մաշման %-ային արժեքները (նկ. 4.12, բ) միջին մակարդակի են և բավարարում են [75] ստանդարտի պահանջները:

Այսպիսով, շփանաշվածքային բնութագրերը Բաստենիտ-9 շփանյութը մեծ բեռնատար ավտոմեքենաների թմբուկային արգելակների շահագործողական ռեժիմներով ստենդային փորձարկումների արդյունքում ցուցաբերում է բավարար աշխատունակություն և բավարարում է միջազգային [71] ստանդարտի պահանջները: Այն առաջարկվում է ճանապարհային շահագործողական փորձարկումների համար:



Նկ. 4.11. Փորձարկումների համեմատական արդյունքները. ա-արգելակման արդյունավետությունը, բ-արգելակման արդյունավետության կորուստը, գ-արգելակման արդյունավետության կորուստի վերականգնումը



Նկ.4.12. Շփման գործակիցի կախվածությունը արգելակումների թվից (ա) և գծային մաշումը, % (բ) ներդիրների մաշակայունության գնահատման փուլում

Երկաթուղային բեռնատար վագոնների արգելակներ: ՀՀ երկաթուղային տրանսպորտը, շփանյութերի սեփական արտադրության բացակայության պատճառով, օգտագործում է հիմնականում ՌԴ-ի արտադրած արգելակային կոճղակներ: Լայն տարածում են ստացել ՌԴ-ի Ուրալսկի, Բառնաուլի և Յարոսլավլի ասբոտեխնիկական գործարանների ասբեստի հիմքով պատրաստված արտադրանքները: Երկաթուղային շարժակազմի վագոնների արգելակների ասբեստագերծ արգելակային ներդիրների ստեղծումը համարվում է հրատապ խնդիր:

ՀՀ-ում շահագործվող երկաթուղային բեռնատար վագոնների արգելակային շփական ներդիրների աշխատանքային պայմանները բնութագրվում են որպես լեռնային պայմաններում շահագործվող արգելակների պայմաններ և որոշվում են աղ. 4.7-ում բերված ռեժիմային պարամետրերով [148]:

Աղյուսակ 4.7

Լեռնային պայմաններում շահագործվող երկաթուղային շարժակազմի վագոնների արգելակային ներդիրների ռեժիմային պարամետրերը

Ռեժիմային պարամետրերի անվանումը	Թվային արժեքը
Սահքի արագությունը, մ/վ	20...30
Շփման ուժերի տեսակարար աշխատանքը, $\times 10^6$ Ջ/մ ²	1,0...2,5
Տեսակարար ճնշումը, ՄՊա	0,7...5,0
Շփման տեսակարար հզորությունը, $\times 10^6$ Վտ/մ ²	15...40
Շփման մակերեսի առավելագույն ջերմաստիճանը երկարաժամկետ արգելակման պայմաններում, °C	800
Շփման մակերեսի առավելագույն ջերմաստիճանը կարճատև-կրկնվող արգելակման պայմաններում, °C	250...350
Սկավառակային արգելակների վրա ծածկման գործակիցը	0,10...0,15

Երկաթուղային շարժակազմի վագոնների արգելակային շփական ներդիրների շահագործման պայմանները տարբերվում են նաև ավտոմոբիլային արգելակների ներդիրների շահագործման պայմաններից: Վագոնների արգելակային ներդիրների աշխատանքային ջերմաստիճանային տիրույթի վերին արժեքներն ավելի բարձր են (մինչև 800 °C), իսկ տեսակարար ճնշումները՝ ավելի փոքր: Համեմատաբար բարձր են արգելակման տեսակարար հզորությունների արժեքները և շփման գծային

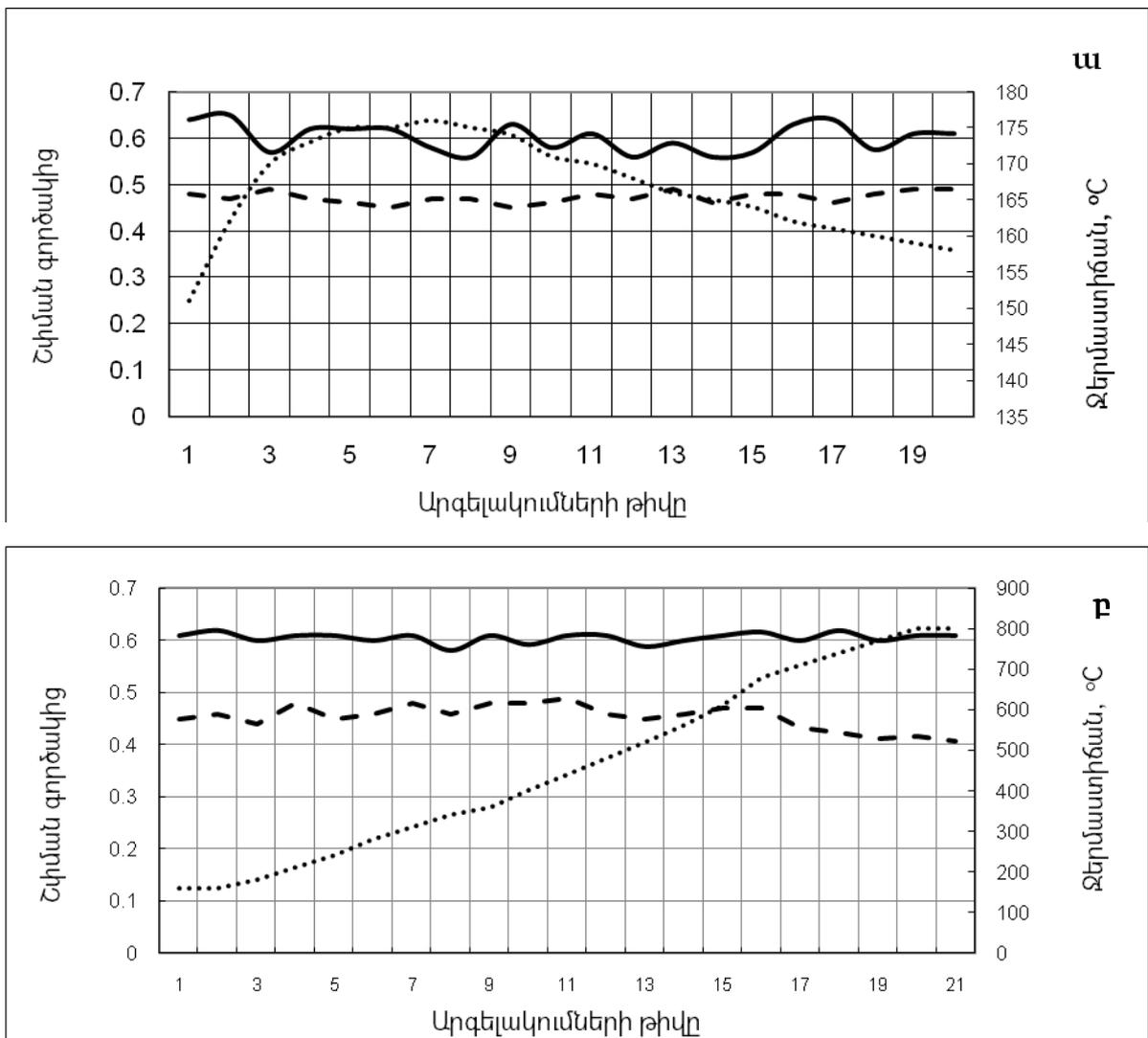
արագությունները: Վազոնների արգելակային ներդիրները պետք է ապահովեն նաև շփման բարձր և կայուն գործակիցներ 700 °C-ից բարձր մակերևութային շփման ջերմաստիճաններում: Երկաթուղային բեռնատար վազոնների արգելակների շփական ներդիրներին ներկայացվող պահանջները ԱՊՀ անդամ երկրներում կարգավորվում են ТУ-2571-028-00149386-2000 փաստաթղթերով [149-152]:

Տվյալների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ ավտոմոբիլային արգելակների ներդիրների համեմատ՝ երկաթուղային շարժակազմի վազոնների արգելակային ներդիրները պետք է ապահովեն բարձր շփամաշվածքային պարամետրեր ավելի բարձր (մինչև 800 °C) ջերմաստիճանային տիրույթում՝ աշխատելով փոքր տեսակարար ճնշումների (մինչև 5 ՄՊա) և մեծ շփման արագությունների (մինչև 30 մ/վ) պայմաններում: Բացի այդ, երկաթուղային շարժակազմի վազոնների արգելակային ներդիրների շփումն առանձնանում է մեծ շփման հզորություններով:

Երկաթուղային վազոնների արգելակային շփական ներդիրներում Բաստենիտ-9 շփանյութի կիրառման հնարավորությունը գնահատելու համար, ըստ ТУ-2571-028-00149386-2000 պահանջների, պատրաստվել են ներդիրներ, որոնք ենթարկվել են լաբորատոր փորձարկումների FM-9 սարքավորման վրա՝ համաձայն ГОСТ Р ИСО 7881-94 մեթոդակարգի: Համեմատության համար ընտրվել են ՌԴ ք. Բառնաուլի АТИ ձեռնարկության կողմից արտադրված ТИИР-300 մակնիշի արգելակային ներդիրները: Արդյունքները բերված են նկ. 4.13-ում:

Իզոջերմային փորձարկումների ժամանակ կատարվել են 21 արգելակումներ սկավառակի նախնական 150 °C ջերմաստիճանում: Գրանցվել են շփման գործակցի արժեքներն արգելակումից հետո ստացված ջերմաստիճանում, յուրաքանչյուր արգելակումից հետո հովացնելով սկավառակը բնական եղանակով մինչև 150 °C: Տաքացման ռեժիմով փորձարկումների ժամանակ, առանց սկավառակը հովացնելու կատարվել են 21 արգելակումներ 10 վրկ պարբերությամբ, մինչև սկավառակի շփման մակերեսային ջերմաստիճանը հավասարվի 800 °C: Փորձարկումները կատարվել են 3,0 ՄՊա տեսակարար ճնշման և 7,5 մ/վ շփման արագության պայմաններում՝ համաձայն ГОСТ Р ИСО 7881-94 մեթոդակարգի:

Ինչպես երևում է արդյունքներից, իզոջերմային փորձարկումների ժամանակ (նկ. 4.13, ա) Բաստենիտ-9 շփանյութի շփման գործակիցի արժեքները ջերմաստիճանի ամբողջ տիրույթում մոտ 12%-ով գերազանցում են ТИИР-300 շփանյութի շփման գործակիցի արժեքները: Տաքացման ռեժիմով փորձարկումների ժամանակ (նկ. 4.13, բ) Բաստենիտ-9 շփանյութը ևս ապահովում է շփման գործակիցի բարձր արժեքներ: Բաստենիտ-9 շփանյութի շփման գործակիցների տատանման ամպլիտուդը չի գերազանցում 5 %-ը, իսկ զանգվածային մաշումը կազմում է 0,42 մգ (ТИИР-300 շփանյութի դեպքում–0,45 մգ), ինչը համապատասխանում է ТУ-2571-028-00149386-2000 պահանջներին:



Նկ.4.13. Շփման գործակիցի կախվածությունը ջերմաստիճանից և արգելակումների թվից իզոջերմային (ա) և տաքացման (բ) ռեժիմներում.

(—) – Բաստենիտ-9; (- - -) - ТИИР-300 (.....) – ջերմաստիճան

Ուսումնասիրություններով բացահայտվեց, որ Բաստենիտ-9 շփանյութերից պատրաստված երկաթուղային շարժակազմի վագոնների արգելակային շփական ներդիրների լաբորատոր փորձարկումների արդյունքները դրական են: Առաջարկվում է դրանք ներկայացնել ստենդային փորձարկումների ԱՊՀ երկրների երկաթուղային շարժակազմի վագոնների արգելակային ներդիրների հավաստագրման լաբորատորիա (ՌԴ, Մոսկվա, ВНИИЖТ, ստենդային փորձարկումներ՝ ըստ ТМ № 02-001-91 ВНИИЖТ մեթոդիկայի):

4.4. Առաջարկվող շփանյութերի անվանացանկի ընտրումը, տեխնիկատնտեսագիտական հիմնավորումը և ներդրումից ստացված տնտեսական շահույթի հաշվարկը

Առաջարկվող շփանյութերի ներդրումային ծրագրի նպատակն է Հայաստանի Հանրապետությունում հիմնել մարդատար ավտոմեքենաների էկոլոգիապես անվտանգ և ասբեստազերծ արգելակային ներդիրների արտադրություն: Տեղական հումքի օգտագործմամբ դրանք կդառնան ՀՀ ներմուծվող արգելակման ներդիրների արժանի մրցակից: Արգելակային ներդիրների արտադրությունը կազմակերպվելու է «ՏՐԻԲՈԼՈԳ» ՍՊԸ-ում (հավելված 1): Նախատեսվում է արտադրել Lada (BA3) 2113 (Samara2) և դրա բազայի վրա ստեղծված մարդատար ավտոմեքենաների արգելակային ներդիրներ՝ միջազգային [73] ստանդարտների պահանջներին համապատասխան:

Կազմակերպվող արտադրությունը նպատակային շուկա է դիտում ՀՀ-ն, քանի որ տեղական արտադրանքի վերջնական վաճառքի գնին չեն ավելանա վերադիր (կապված մաքսավճարների հետ) ծախսերը, և դրանք գնային առումով մրցակցային առավելություն կունենան այլ երկրներում արտադրվող ապրանքների նկատմամբ:

Աղ. 4.8-ում ներկայացված են Հայաստանի Հանրապետության արգելակային կոճղակների շուկայում եվրոպական երկրներից և ՌԴ-ից ներմուծված գործարանային արտադրության Lada (BA3) 2113 (Samara2) մարդատար ավտոմեքենաների արգելակային ներդիրների հիմնական տեսականին և գների համեմատական

վերլուծությունը [153]: ՀՀ գործարանային արտադրության ավտոպահեստամասեր, մասնավորապես, արգելակային ներդիրներ, ներմուծող 25-ից ավելի ընկերություն է գործում, որոնցից են ՄԼԼ Մոտորս, «ՀՈՒՅՍ-ՄՈՏՈՐ», Մեծ անիվ, Եվրոմոթորս, Եվրովագեն և այլ ընկերությունները:

Աղյուսակ 4.8

ՀՀ ավտոպահեստամասերի շուկայում առկա Lada (BA3) 2113 (Samara2) մարդատար ավտոմեքենաների արգելակային ներդիրների հիմնական տեսականին և մեկ կոմպլեկտի մեծածախ գները

Մակնիշ	Արտադրող	Մեծածախ գինը (դրամ)
591 700 B	Robert Bosch GmbH, Գերմանիա	5100
2108-350108-02.	ООО «ТЦ Тосол-Синтез» ՌԴ	3968
311 FF KBA 60 793 0046	ATE Continental Teves	5182
LMS 116 90 R-01107	LUCAS TRW Automotive	4904
AOB 0173	Allied Nippon	4444
V210	Finwhale, Գերմանիա	4460
FDB 527	FERODO Federal Mogul Անգլիա	4690
2108-350108-02.	БАТИ ՌԴ	3886
2108-350108-02.	ТИИР ՌԴ	3450
RX2040	RIXENBERG Continental Teves	3860
FD-P-2003	PILENGA Իտալիա	3950
V210	Textar	5510
2108-3501080	ДАФМИ Ռուսաստան	3870

Ընդհանրապես, արգելակման կոճղակների գները կախված են ավտոմեքենայի մակնիշից և արտադրող ընկերության երկրից: ՌԴ-ում արտադրված արգելակային ներդիրների վաճառքի գները 2...2,3 անգամ ցածր են եվրոպական երկրներից ներկրված կոճղակների գներից:

Արգելակային ներդիրների գնագոյացման համար հիմք են ընդունվել, առաջին հերթին, ստացված ցածր ինքնարժեքը և շուկայական գները, ընդ որում, գնային քաղաքականությունն ուղղված է ՀՀ շուկայում ցածր գներով դիրքավորվելուն: Նախատեսվում է սահմանել նման պարամետրեր ունեցող ապրանքների շուկայական գնից 15 % ցածր գին:

Սարքավորումների ընտրությունն իրականացվել է 1000 կոմպլեկտ/ամիս արտադրողականությամբ արգելակային ներդիրներ թողարկելու հաշվարկով (աղ. 4.9):

Աղյուսակ 4.9

Հիմնական սարքավորումներ

<i>Խառնուրդի պատրաստման համար սարքավորումներ</i>		
Անվանումը	Մակնիշը	Սարքավորման տեսքը
Ռետինախառնիչ	<p>PC-5</p> <p>Տեխնիկական բնութագիրը.</p> <ul style="list-style-type: none"> -բաղադրիչների խառնման օգտակար ծավալը - 5 կգ -խառնման արագությունը - 10...80 պտ/րոպ -խառնման ջերմաստիճանը - 50...75 °C -խառնման ճնշումը - 0,2...1,2 ՄՊա -շարժիչի հզորությունը - 42 Կվտ 	
Տեխնիկական կշեռքներ	<p>CAS SW</p> <ul style="list-style-type: none"> -կշռվող նյութը - 5 կգ -ճշտությունը - 2գ -սեղանի չափերը - 239x190 մմ 	
Մեխանիկական մաղեր	N3.5-0.8	
<i>Մամլման սարքավորումներ</i>		
Հիդրավլիկ մամլիչներ	<ul style="list-style-type: none"> -ճնշումը հիդրոշարժակում - 250 ՄՊա (Ճ 24-36), 200 ՄՊա (Ճ 24-30) -գլխավոր հիդրոգլանի սեղմող ուժը - 160 տ (Ճ 24-36), 100 տ (Ճ 24-30) -հիդրոգլանի ընթացքը - 900մմ (Ճ 24-36), 800 մմ (Ճ 24-30) 	

Աղ. 4.9-ի շարունակությունը

Մամլակաղապարներ	Երկտեղանոց տաք մամլման	
Ջերմային մշակման սարքավորումներ		
Ջերմային վառարան	Ոչ ստանդարտ սարքավորում	-խցի առավելագույն ջերմաստիճանը - 350 °C; խցի չափերը հաշվարկվում են 150 ներդիր տեղադրելու պայմանով
Մեխանիկական մշակման սարքավորումներ		
Հարթ հղկման հաստոց	3Ո722B -իլի պտուտափվերը - 1460պտ/ր -սեղանի երկարությունը - 1250 մմ -սեղանի լայնությունը - 320 մմ	
Ուղղաձիգ ֆրեզան հաստոց	6P12 -սեղանի չափերը - 1250 x 320 մմ -իլի պտուտափվերը - 63..3150 պտ/ր	

Բաստենիտ 9-ի բաղադրատեսակների հումքի անվանացանկը, նյութական ծախսը և գները 1000 կոմպլեկտ արգելակային կոճղակների արտադրության համար (մեկնարկային ամսվա արտադրողականություն), ինչպես նաև մատակարարները ներկայացված են աղ. 4.10-ում: Աղ. 4.11-ում բերված են մեկ կոմպլեկտ արգելակային ներդիրների գործարանային ինքնարժեքը և մեծածախ գինը:

Lada (BA3) 2113 (Samara2) ավտոմեքենաների 1000 կոմպլեկտ արգելակային ներդիրների նյութական ծախսը, անվանացանկը, գները և մատակարարները

Նյութի տեսակը	Ծախսը, կգ	Միավորի գինը (դրամ)	Ընդամենը գումար (դրամ)	Մատակարար
Բուտադիենային կաուչուկ	31,43	510	16029,3	ՌԴ
Ֆենոլֆորմալդեհիդային խեժ	220	1020	224400	ՌԴ
Ամրանային բաղադրիչներ	228,6	540	123444	ՀՀ, Քարի ու Սիլիկատների ինստիտուտ, ՀՀ Սևանի ապակեմեկուսիչ ՓԲԸ
Շփամաշվածքային հատկությունների կարգավորիչներ	271,42	1040	282276,8	ՌԴ, ՀՀ
Մարմարի փոշի	17,14	120	2056,8	ՀՀ քար մշակող ձեռնարկություններ
Մետաղական տակդիր	4000 հատ	220	880000	ՀՀ գործող մեքենաշինական կազմակերպություն
Ընդամենը			1528206,9	

Արգելակային ներդիրների մեկ կոմպլեկտի մեծածախ գինը

Արտադրատեսակ	Ռիզոլակի ծախսեր			վերադիր ծախսեր (200 % աշխ.ֆոնդ) (դրամ)	գոծարանային ինքնարժեք (դրամ)	մեծածախ գին (10 % շահույթ) (դրամ)
	հումքի ծախս (դրամ)	աշխատավարձ (դրամ)	էներգ, տրանսպորտի ծախս (դրամ)			
Lada (BA3) 2113 (Samara2) մակնիշի ավտոմեք. արգելակային ներդիր	1528,2	110,4	45,2	220,8	1904,6	2856,9

Հումքի ձեռքբերման գները ներառում են ներմուծման ճանապարհային ծախսերը և մաքսազերծումը, որոնք կազմում են ձեռքբերման գնի մոտ 10%-ը: Աշխատավարձի, էներգետիկական և տրանսպորտային ծախսերի հաշվարկները կատարված են ըստ գործող նորմատիվների:

Ստացված մեծածախ գնի համեմատումը աղ. 4.8-ում բերված տվյալների հետ ցույց է տալիս, որ առաջարկվող նյութի ներդրումը Lada (BA3) 2113 (Samara2) մակնիշի ավտոմեքենաների սկավառակային արգելակների ներդիրներում, տարեկան 12000 կոմպլեկտ արտադրության պայմաններում, ապահովում է 7,11 մլն դրամ տնտեսական արդյունավետություն:

ԵԶՐԱԿԱՅՈՒԹՅՈՒՆ

1. Ուսումնասիրություններով բացահայտվել է, որ բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ արգելակային կոմպոզիտային շփանյութերում լայն տարածում գտած ամրանային լցուկների (Հայաստանի հանքաքարերից ստացված բազալտաթելք և ապակեթելք, գրաֆիտաթելք և ասբեստաթելք) տրոհման գործընթացները էկզոջերմային բնույթի են և սկսվում են հիմնականում 550 °C-ից բարձր ջերմաստիճաններում: Դա ուղենիշ է բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ արգելակային կոմպոզիտային նոր և ջերմակայուն շփանյութերի մշակման և առաջադրման 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 գործընթացներն էնդոջերմային բնույթի են:

2. Նպատակ ունենալով բազմաբաղադրիչ նյութերի կիրառմամբ պոլիմերային հիմքով ասբեստազերծ արգելակային ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութերի բաղադրակազմերում կիրառելու Հայաստանի հանքանյութերից ստացված փոշիները, ընտրվել և փորձագիտական հետազոտության է ենթարկվել կալցիումի կարբոնատով

հարուստ հանքաքարերից ստացված մարմարի փոշին, որի առավելություններից են էկոլոգիապես մաքուր լինելը և աղմուկը կլանելու հատկությունը:

3. Ջերմադինամիկական հետազոտությունների արդյունքում բացահայտվել է, որ կալցիումի կարբոնատի ուժգին տրոհումը սկսվում է մոտավորապես 750 °C-ից և ավարտվում է 900 °C-ում, և այն էնդոջերմային բնույթի է: Տեղի է ունենում մոտ 40 % զանգվածի կորուստ, ինչը պայմանավորված է տրոհման ընթացքում օքսիդների առաջացմամբ: Լաբորատոր և ստենդային փորձարկումների արդյունքում հաստատվել է, որ մարմարի փոշու օգտագործումն արգելակային շփանյութերում ապահովում է նոր տեխնիկական արդյունավետություն: Շփանյութերի բարձր ջերմաստիճանային շփման պայմաններում ապահովվում են շփման գործակիցների բարձր և կայուն արժեքներ՝ շնորհիվ մարմարի փոշով շփանյութերի բաղադրակազմերի ամրանային տարրերի տրոհման գործընթացներում անջատված ջերմության լրացուցիչ քանակի կլանման:

4. Սկավառակային արգելակների ներդիրների շփանյութերի բաղադրակազմերի վերլուծության արդյունքներում և արգելակային շփանյութերում կիրառվող կապակցող նյութերի, լցուկների և շփման գործակցի կարգավորիչների ուսումնասիրման հիման վրա մշակվել են «Բաստենիտ-9» անվամբ արգելակային բազմաբաղադրիչ նոր նյութերի կիրառմամբ ասբեստազերծ արգելակային ջերմակայուն կոմպոզիտային շփանյութ և ստացման տեխնոլոգիա, որոնք որպես գիտական նորույթ ամրագրվել են ՀՀ գյուտի արտոնագրով (ՀՀ գյուտի N 2909A արտոնագիր):

5. Լաբորատոր և ստենդային փորձարկումների միջոցով ուսումնասիրվել են Բաստենիտ-9 շփանյութի շփանյութագիտական հատկությունները: Առաջարկվում է այն կիրառել մարդատար և բեռնատար ավտոմեքենաների սկավառակային արգելակների շփական ներդիրների պատրաստման համար, ինչպես նաև ներկայացնել ստենդային փորձարկումների ԱՊՀ անդամ երկրների երկաթուղային շարժակազմի վագոնների արգելակային ներդիրների հավաստագրման լաբորատորիայում (ԲԴ, Մոսկվա, ВНИИЖТ) ստենդային փորձարկումների՝ ըստ ТМ № 02-001-91 ВНИИЖТ մեթոդիկայի:

6. 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:

ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐ ԵՎ ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Ցույց է տրված, որ ավտոմեքենաների արագությունների մեծացման և բեռնատարողության աճի դեպքում, հաստատուն արգելակման ճանապարհ 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 ցածր ջերմաստիճանային 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 մակերևույթին շրջապատից ադսորբված 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:

ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Автомобилестроение (Производство фрикционных изделий) <http://vermiculite.com.ua/avtostroenie.htm>.
2. Бернацкий В. В., Макаренко Н. Н. Современные фрикционные материалы и их применение в тормозных системах автотранспортных средств.- Исследования, конструкции, технологии.- №4 (93) 2015. - С.32-37.
3. Зиновьев Е.В., Чичинадзе А.В. Физико-химическая механика трения и оценка асбофрикционных материалов. - М., Наука, 1978. - 206 с.
4. Меликсетян Н.Г. Управление свойствами фрикционных тормозных материалов путем регулирования протекающих при трении механохимических превращений Сборник труд. межд. науч.-техн. конф. Полимерные композиты и трибология (Поликомтриб-2007). - Гомель-Белорусь, 2007. - С. 57-58.
5. Погосян А.К., Сысоев П.В., Меликсетян Н.Г. и др. Фрикционные композиты на основе полимеров . – Минск. Информтрибо, 1992. - 218 с.
6. 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, Украина, 2013.- с.105-106:
7. Тормозные устройства: Справочник //М.П. Александров, А.Г. Лысяков, В.Н. Федосеев, М.В. Новожилов. - М., Машиностроение, 1985. - 312 с.
8. Фролов К. В. Современная трибология: Итоги и перспективы. - М., ЛКИ, 2008. -480 с.
9. Bowden F.P. and Tabor D. The Friction and Lubrication of Solids (reissue), Oxford University Press, ISBN 0-19-267011-5 1996.
10. Меликсетян Н.Г. Разработкка теоретических и технологических основ создания фрикционных безасбестовых композиционных материалов на полимерной основе. Дис ...докт. Техн. наук.-Ереван, 2009.-263 с.
11. Kayaba Takao, Kato Kohji. The Adhesive Transfer of the Slip-Tongue and the Wobbler //Transaction of the ASLE, 1981. -Vol. 24. – P.164-174.
12. Meliksetyan N. The surface layers destruction of friction brake materials // Problems of Mechanics. Tbilisi. - 2008, N 2 (31), - P. 54-58 <http://www.pam.edu.ge/>
13. Буше Н.А., Копытько В.В. Совместимость трущихся поверхностей. – М., Наука, 1981. -126 с.

14. Гаркунов Д.Н. Научная школа по трению, износу и смазке машин (Триботехнике) Академии проблем качества (Развитие исследований и результаты работ) // Трение и смазка в машинах и механизмах. - 2007. № 01 <http://www.mashin.ru/jurnal/archiv>.
15. Демкин Н.Б., Беркович И.И., Болотов А.Н., Измайлов В.В., Ланков А.А. Развитие исследований в области механики и физики фрикционного контакта в Тверском Государственном Техническом Университете // Трение и износ. –Минск, 2002. - Том 23. - №4. - С. 382-392.
16. Ишлинский А.Ю., Крагельский И.В., Алексеев Н.М. и др. Проблемы изнашивания твердых тел в аспекте механики // Трение и износ. - Минск, 1986. - Том 7. - N 4. - С. 581-592.
17. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. - М., Машиностроение, 1977. - 526 с.
18. Марченко К.А. Усталостная теория износа. Краткий обзор (К столетию со дня рождения И.В. Крагельского) // Трение и смазка в машинах и механизмах. - 2008, № 06 <http://www.mashin.ru/jurnal/archiv>.
19. Rabinowicz, E. Friction and Wear of Materials, John Wiley & Sons Inc., ISBN 0-471-83084-4 1995.
20. Морозов А. В., Маховская Ю. Ю. Теоретико-экспериментальная оценка деформационной составляющей коэффициента трения // Трение и износ. –Минск, 2007. - Том 28. - №4. - С. 335 - 344.
21. Bayer I, R, Mechanical Wear Fundamentals and Testing. - Marcel Dekker, 2004. - 325 p.
22. Сысоев П.В., Богданович П.Н., Лизарев А.Д. Деформация и износ полимеров при трении. - Минск, Наука и Техника, 1985. - 239 с.
23. Мышкин Н. К., Петроковец М. И., Ковалев А. В. Трибология полимеров: адгезия, трение, изнашивание и фрикционный перенос. Трение и износ. – Минск, 2006. - Том 27. - №4. - С. 429 - 443.
24. Fleming J.R., Sun N.P. Mechanics of Crack Propagation in Delamination Wear // Wear. 1977. - Vol. 44. - P. 39-56.
25. Suh N.P. The Delamination Theory of Wear // Wear, 1973. -Vol. 25. – P.111-124.
26. Погосян А.К. Расчет толщины пленки фрикционного переноса и условия ее работоспособности // Трение и износ. – Минск, 1984. - Том 5. - № 2. – С. 204-211.

27. Погосян А.К., Оганесян К.В. Явление фрикционного переноса: основные закономерности и методы исследования // Трение и износ. - Минск, 1986. -Том 7. - №6. – С. 998-1008.
28. Պողոսյան Ա.Շ. Շփագիտության հիմունքներ.- Երևան, Լույս.- 1994.- 296 էջ:
29. Rhee S.H. and Ludema K.C. Mechanisms of Formation of Polymeric Transfer Films // Wear of Materials. ASME, 1977. – P. 482-486.
30. Jain V.K., Bahadur S. Material Transfer in Polymer-Polymer Sliding // Proc. Inter. Conf. St. Louis. 1977. – P. 487-493.
31. Белый В.А., Свириденко А.И., Савкин В.Г. Трение и износ материалов на основе полимеров. - Минск, Наука и техника, 1976. - 431 с.
32. Буяновский И.А., Игнатьева З.В., Хрущов М.М., Левченко В.А., Матвеев В.М. Нанотрибология: Некоторые тенденции развития // Трение и смазка в машинах и механизмах. – М., 2008. - №01, <http://www.mashin.ru/jurnal/archiv>.
33. Гурский Б. Э., Чичинадзе А. В. Тепловая задача трения и ее развитие. Часть 1. Модель Блока и ее совершенствование // Трение и износ. - Минск, 2003. - Том 28. - N3. - С. 311-324.
34. 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.
35. Tabor D. Wear -A Critical Synoptic View.-Proc. Int. Conf. St. Louis, 1977. -P.1-11.
36. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) /А.В. Чичинадзе, Э.М. Берлинер, Э.Д. Браун и др., под ред. А.В. Чичинадзе. - М., Машиностроение, 2003. - 576 с.
37. Богданович П.Н., Галай Э.И. Оценка триботехнических характеристик композиционных материалов для тормозных колодок при малых скоростях скольжения // Вестник ВНИИЖТ. – М., 2005, №2. – С. 21-24.
38. Григорьев А.Я. Анализ формы частиц износа по Фурье -дескрипторам // Трение и износ. - Минск, 2005. - Том 26. - №4. - С. 375-384.
39. Мышкин Н.К., Петроковец М.И., Плескачевский Ю.М., Свириденко А.И., Холодилов О.В. Трибология в работах В.А.Белого // Трение и износ. – Минск, 2002. - Том 23. - №3. - С. 230-236.

40. Агбалян С.Г., Меликсетян Н.Г., Меликсетян Г.Н. Фрикционный перенос при трении безасбестовых тормозных материалов.- Сб. трудов XXIV международной научно-технической конференции «МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТЕХНОСФЕРА XXI ВЕКА», Севастополь. 2017.- С.160-164.
41. Погосян А.К. Трение и износ наполненных полимерных материалов. - М., Наука, 1977. -138 с.
42. Kar M.K., Bahadur S. Estimation of Wear Particle Thickness in Polymer-Metal Sliding // Wear, 1980. - Vol. 63. – P. 105-112.
43. Гаркунов Д.Н. Триботехника. -М., Машиностроение,1985. - 424 с.
44. Eiss N.S., Wood K.C., Harold J.A., Smyth K.A. Model for the Transfer of Polymer to Rough Hard Surfaces // ASME Publication, 1978. - Paper N 79. - Lub. 31, P.1-7.
45. Буше Н.А., Копытько В.В. Совместимость трущихся поверхностей. – М., Наука, 1981. -126 с.
46. Pogosian A.K., Isajanyan A.R. The Wear Rate Calculation Method of Polymer-Metal Tribocontact. In “Wear of Materials”, Washington, 2003.
47. Peter J. Blau Compositions, Functions, and Testing of Friction Brake Materials and Their Additives.- ORNL/TM-2001/64.-63p.
48. SANGSIN BRAKE <http://www.monroesamara.ru>.
49. Колодки "ДАФМИ" <http://www.dafmi.com>.
50. Колодки тормозные FERODO <http://www.carumba.ru/main/manufacturer/5891>.
51. Колодки тормозные TEXTAR <http://www.rina-auto.ru/textar.shtml>.
52. Тормозные колодки и накладки BERAL.- http://www.armtek.ru/clause_26.
53. Колодки тормозные SCT . <http://sct-mannol.by/kolodki.phtml>.
54. Назначение и виды тормозных систем. Схема и принцип работы тормозной системы.- <http://autodriving.net/naznachenie-i-vidy-tormoznyx-sistem>.
55. Дисковые тормоза: основные характеристики, преимущества и особенности.- <http://hp-brakes.ru/2015/01/diskovye-tormoza>.
56. Дисковые и барабанные тормоза.- http://spokoino.ru/articles/ustroistvo_avto/tormoza/
57. Анализ тормозных колодок http://www.autoreview.ru/new_site/.
58. Тест тормозных колодок .- <http://catalog.autodela.ru/article/view/3306>.
59. Тест тормозных колодок в «НАМИ». Методика, принципы, программа.- <http://autoexpert.com.ua/stati/avtokomponenty/3907-test-tormoznyx-kolodok>.

60. ТОП-10 лучших тормозных колодок для иномарок 2017.- http://avtomancar.ru/news/top_10_luchshikh_tormoznykh_kolodok_dlja_inomarok_2016.
61. Тормозные колодки "BEST" <http://www.automag.vrn.ru/>.
62. Тормозные колодки FINWHALE <http://www.sibcastrol.ru>.
63. Тормозные колодки REMSA www.remsa.com.
64. Тормозные колодки Allied Signal <http://www.allied-signal.ru/>.
65. Тормозные колодки MapКон <http://www.markon.ru/>.
66. Тормозные АБС <http://polad.ru/>.
67. Труханов В.М., Крыхтин Ю.И., Патер А.И. Повышение надежности и износостойкости фрикционных накладок и колодок сухого трения путем совершенствования технологии изготовления //Трение и смазка в машинах и механизмах. - 2008 №8 <http://www.mashin.ru/jurnal/archiv>.
68. Фляшер Г. Об энергетическом уровне фрикционных пар // Трение и износ. –Минск, 1987. -Том 8. - №1. – С. 25-38.
69. Болдырев Д.А. Повышение работоспособности и ресурса пары трения "тормозной диск - колодка" №5 2006. <http://www.avtomash.ru/>.
70. ГОСТ Р 41.13-99 Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств категории М, N и O в отношении торможения.- М.; ГОССТАНДАРТ РОССИИ, 1999.
71. ГОСТ Р ИСО 50507-93. Изделия фрикционные тормозные. Общие технические требования. -М.; ГОССТАНДАРТ РОССИИ, 1993.
72. ГОСТ 31341-2007 Колодки, диски и барабаны тормозные транспортных средств. Общие технические требования, правила приемки и методы испытаний http://www.gosstandart.gov.by/BDD_gosstand_2.php.
73. Единообразные предписания, касающиеся официального подтверждения транспортных средств в отношении торможения. Правило ЕЭК ООН N 13.- Изд-во ООН, 2000 . - 41 с.
74. Стандарт SAE J661A. Технические требования к фрикционным материалам тормозов автомобилей. - 2000.
75. Стандарт SAE J866A. Система идентификации трения для тормозных накладок и тормозных колодок для автомобилей. - 2000.
76. Балакин В.А., Сергиенко В.П., Чаус В.П., Иванов А.А. Влияние износа на тепловой

- режим работы тормоза // Трение и износ.-Минск, 2005. -Том 26. - №6. - С.571-574.
77. Голкин В.Б. Крайнова Н.А., Левит М.З., Соколов В.А., Карпицкий В.Л. О некоторых аспектах создания термостойких безасбестовых фрикционных композитов // Труды 5-го Международного Симпозиума по фрикционным изделиям и материалам «ЯРОФРИ- 2003». - Ярославль, 2003. - С. 118-122.
 78. Меликсетян Н. Г., Меликсетян Г. Н., Карапетян А.Н. Разрушение поверхностных слоев фрикционных композитов при высоких температурах. Вестник НПУА.-Серия Metallургия, материаловедение, недропользование.-Ереван, 2015.- N1.- С. 68-74.
 79. Պողոսյան Ա. Կ., Մելիքսեթյան Ն. Գ., Մելիքսեթյան Գ. Ն. Արգելակային շփանյութերի հատկությունների վրա ջերմային ռեժիմի ազդեցության հետազոտումը.- Հայաստանի պետական ճարտարագիտական համալսարանի (Պոլիտեխնիկ) ԼՐԱԲԵՐ, Գիտական հոդվածների ժողովածու. Մաս 2. - Երևան, 2014.-Էջ 450-456:
 80. Агбальян С.Г., Меликсетян Г.Н. Исследование работоспособности тормозного фрикционного композита, изготовленного из многокомпонентных материалов. Вестник НПУА.-Серия Metallургия, материаловедение, недропользование.-Ереван, 2017.- N1.- С. 26-33.
 81. Меликсетян Н.Г. Кинетика структурных и фазовых превращений поверхностных слоев тормозных фрикционных материалов. // Проблемы механики. - Тбилиси, 2007. - N4 (29). - С. 28-32. <http://www.pam.edu.ge/>.
 82. Մելիքսեթյան Գ.Ն. Արգելակային շփանյութերի զարգացման հիմնական ուղղությունները.- Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի Լրաբեր.-Գիտական հոդվածների ժողովածու Մաս 2.- Երևան, 2016.-Էջ 622-628:
 83. Погосян А.К., Карапетян К.А., Бахшян А.О., Акопян В.В. Исследование свойств горных пород Армении и отходов производства для создания полимерных фрикционных материалов. Труды 6-го Международного Симпозиума по фрикционным изделиям и материалам «ЯРОФРИ». -Ярославль, 2006. - С. 97-102.
 84. Томский К.О. Повышение эффективности работы и износостойкости тормозных устройств путем применения биметаллических материалов. Дисс. На соискание уч.ст.к.т.н. – М. 2013.-152 с.
 85. Automotive Brake Materials: Characterization of Wear Products and Relevant Mechanisms

- at High Temperature.- Verma, Piyush Chandra 2016.- <http://eprints-phd.biblio.unitn.it/1660/>.
86. SATAPATHY V. K. , BIJWE J. Fade and recovery behavior of non-asbestos organic (NAO) composite friction materials based on combinations of rock fibers and organic fibers - Copyright 2007 <http://cat.inist.fr>.
 87. Левит М.З., Крайнова Н.А., Изюмова В.И., Голкин В.Б., Хведченя В.А., Соколов В.А. Новые безасбестовые фрикционные материалы и изделия // Трение и износ. – Минск, 2005. - Том 26. - №2. - С. 201-207.
 88. Мусин А.Н., Поповский В.В., Засова В.А. Безасбестовые тормозные колодки «МарКон» // Автомобильная промышленность. – М., 2001. - №1. - С. 36-37.
 89. Керамические тормозные колодки. <http://www.driver-motors.ru/helpful/preimushhestva-keramicheskix-tormoznyx-kolodok/>.
 90. Hamid Reza Akramifard, Zahra Ghasemi Friction and Wear Properties of a New Semi-Metallic Brake Pad According to SAE J 661: A Case Study in PARSLENT Complex (Iran).- International Journal of New Technology and Research (IJNTR), V.2, 2016.- p. 96-99.
 91. Кенигфест А.М., Крамаренко Е.И., Кулаков В.В., Лисовский С.А., Гусаков Г.Н. Углерод - углеродные фрикционные материалы для тормозных систем автомобильной и другой современной техники. //Трение и смазка в машинах и механизмах. - 2008 . - № 05 <http://www.mashin.ru/jurnal/archiv>.
 92. Крамаренко Е. И., Кулаков В. В., Кулаков Д. В., Мозалев В. В. Оптимизация структуры и свойств углерод - углеродных композиционных материалов фрикционного назначения // Трение и смазка в машинах и механизмах. - 2007, № 01 <http://www.mashin.ru/jurnal/archiv>.
 93. Tanvir M.A. Friction of Carbon-Carbon Railway Brakes // Friction and Traction. Leeds, 1981. – P. 341-348.
 94. Болотовский Д.Я., Полтавский В.Ф., Быстров Ю.В., и др. Полимерная композиция фрикционного назначения Патент РФ 2213105. – М., 2003. - Бюл. №27.
 95. Anthony Veeman Automotive Disc Brakes, friction and Wear Mechanisms in Braking.- RENSSELAER POLYTECHNIC INSTITUTE.-5/5/2015.-14p.
 96. Производители тормозных колодок-<http://diski-kolodki.com.ua/proizvoditeli/>.
 97. Анализ взаимосвязи между условиями труда и состоянием здоровья рабочих, занятых

- на добыче и обогащении хризотилового асбеста. М., НИИ медицины труда РАМН РФ, 2000. <http://www.inchem.org/documents/ehc/>.
98. ГОСТ Р ИСО 7881-94. Транспорт дорожный. Накладки тормозные. Оценка характеристик фрикционного материала. Метод испытания малого образца на машине трения.-Москва,1994.
 99. Изюмова В.И., Франтова Е.Ю., Крайнова Н.А., Левит М.З. Фрикционные композиционные материалы нового поколения для тормозных узлов подвижного железнодорожного состава. Труды 6-го Международного Симпозиума по фрикционным изделиям и материалам «ЯРОФРИ-2006». - Ярославль, 2006. - С. 183-186.
 100. Изюмова В.И., Левит М.З., Крайнова Н.А., Фурсов Н.П. Разработка высококачественных колодок дискового тормоза для легковых автомобилей. Труды 7-го Международного Симпозиума по фрикционным изделиям и материалам «ЯРОФРИ-2008». - Ярославль, 2008 <http://www.tiir.ru>.
 101. Grigoratos Theodoros , Giorgio Martini Brake wear particle emissions: a review.- Environmental Science and Pollution Research.- 2015, Volume 22, - pp 2491–2504.
 102. Dagwa, I. M. and Ibhadode, A. O. A. Some physical and mechanical properties of asbestos-free experimental brake pad.- JORMAR 3(2) 2006, p.94 – 103.
 103. Bhane A. B., Kharde R. R., Honrao V. P. Investigation of Tribological Properties for Brake pad Material : A Review.- International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering .- V. 4, 2014.-p.530-532.
 104. Chandgude S.B., Ganiger S.G Development of Composite Material for Automobile Disc Brake Pad .- International Engineering Research Journal P. 144-149. <http://www.ierjournal.org/pupload/>.
 105. Тест тормозных колодок Технические параметры, потребительский анализ <http://www.allclimat.com.ua/news1594.html>.
 106. Заменители асбеста в автомобильных узлов (обзор) // Автомобильная промышленность США. - М., 1985. - N 7. - С. 25-29.
 107. Заменители хризотилового асбеста http://ukrchrysotile.com.ua/zameniteli_4.html.
 108. Vanu Sugözü, Behcet Dağhan Effect of BaSO4 on Tribological Properties of Brake Friction Materials.- International Journal of Innovative Research in Science,Engineering and Technology.- Vol. 5, 2016.-p.30-35.

109. Журавель В.В., Пермяков С.Н., Лепеткина Т.А. и др. Фрикционная композиция Патент РФ 2160750. – М., 2000. - Бюл. №35.
110. Меликсетян Н. Г., Меликсетян Г. Н. Применение порошков полиметаллических минералов в композитах фрикционного назначения.- Сб. трудов IV Межд. конф. по химии и химической технологии Ереван.- 2015, с.191-193:
111. Список заменителей асбеста и их влияние на организм http://www.chrysotile.ru/node_2788/node_2811.
112. Гладун В.Д., Садаев А.В., Сергеев В.В. и др. Полимерная фрикционная композиция и способ получения фрикционного материала Патент РФ 2119511.–М., 1998. - Бюл.№27.
113. Карапетян А. Н., Грибова И. А., Краснов А. П., Студнев Ю. Н., Погосян А. К., Оганесян К. В. Исследование структуры и свойств модифицированных армянских минералов для полимерных композитов. Трение и износ. - Минск, 2007. - Том 28. - №6. - С. 621-626.
114. Masrat Bashir, Sheikh Shahid Saleem, Owais Bashir Friction and Wear Behavior of Disc Brake Pad Material Using Banana Peel Powder.- International Journal of Research in Engineering and Technology V. 04 2015.-p.650-659.
115. Werner Österle and Andrey I. Dmitriev The Role of Solid Lubricants for Brake Friction Materials.- Lubricants 2016, 4, 5; 22p.- www.mdpi.com/journal/lubricants.
116. Васильев Ю. Н., Зладкис А.М., Карачурин Р.А. и др. Композиция для безасбестового фрикционного материала Патент РФ 2081133. - М., 1997. - Бюл. №16.
117. Васильев Ю.Н., Иваненко В.В., Фуголь В.А. Композиция для безасбестового фрикционного материала /Патент РФ 2173691. – М., 2001. - Бюл. №26.
118. Половнева О.И. Фрикционная композиция и способ ее получения /Патент РФ 2181732. – М., 2002. - Бюл. №12.
119. Xu X. L, Lu X, Yang D L and Zhang E Effects of vermiculite on the tribological behavior of PI-matrix friction materials.- Global Conference on Polymer and Composite Materials (PCM 2015).- 2015. 7p.
120. Yunhai Ma, Yucheng Liu, Carlo Menon and Jin Tong Evaluation of Wear Resistance of Friction Materials Prepared by Granulation.- ACS Appl. Mater. Interfaces, 2015, 7 (41).- pp 814–820.
121. Засова В.А., Матвеева Б.И., Молев В.В. Способ изготовления полимерной

- композиции Патент РФ 2144547. – М., 2000. - Бюл. №2.
122. Damien Meresse, Michel Watremez, Monica Siroux, Laurent Dubar and Souad Harmand. Friction and Wear Mechanisms of Phenolic-Based Materials on High Speed Tribometer.- *J. Tribol* 135(3), 2013 (8 pages) Paper No: TRIB-12-1042.
 123. Jang H., Lee J.S., Fash J. W. Compositional effects of the brake friction material on the creep groan phenomena // Proceedings of 13 International Conference on Wear of materials.- Vancouver, BC, Canada, 2001. – P. 1477-1483.
 124. Seong Jin Kim, Ho Jang Friction and wear of friction materials containing two different phenolic resins reinforced with aramid pulp.-*Tribology International*. V. 33, 2000.- p. 477-484.
 125. Погосян А.К, Карапетян К.А., Бахсян А.О., Папян С.А. Физико-механические и трибологические свойства безасбестовых фрикционных материалов, модифицированных производными фталевой кислоты Труды 7-го Международного Симпозиума по фрикционным изделиям и материалам «ЯРОФРИ-2008».-Ярославль, 2008. <http://www.tiir.ru/>.
 126. Bhane A. B., Kharde R. R., Honrao V. P. Investigation of Tribological Properties for Brake pad Material : A Review.- *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering* V. 4, 2014.-p 530-532.
 127. Данилов В.Д., Калошкин С.Д., Чердынцев В.В. Композиционные материалы с наноструктурными наполнителями для экстремальных условий функционирования // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2007. - № 02 <http://www.mashin.ru/jurnal/archiv>.
 128. Aranganathan N ,Vishal Mahale Jayashree Bijwe Effects of aramid fiber concentration on the friction and wear characteristics of non-asbestos organic friction composites using standardized braking tests.- *Wear*, Volumes 354–355, 15 May 2016, Pages 69-77.
 129. Neis P.D., Ferreira N.F., daSilva F.P. Comparison between methods for measuring wear in brake friction materials.- *Wear*,v.319, 2014.-p 191–199.
 130. Павлова С.А., Журавлева И.В., Толчинский Ю.И. Термический анализ органических и высокомолекулярных соединений. - М., Химия, 1983. –120 с.
 131. Свириденко А.И., Мешков В.В. Трение скольжения полимерных композитов в условиях высоких скоростей // Трение и износ.–Минск, 2007.-Т. 26. - №1.- С.38-42.
 132. Миркин Л.И. Рентгеноструктурный анализ.- М, Наука, 1981 - 494 с,

133. Агбальян С.Г., Меликсетян Г.Н. Новый фрикционный материал для барабанных тормозов большегрузных автомобилей. Вестник НПУА.-Серия Metallургия, материаловедение, недропользование.-Ереван, 2016.- N1.- С. 42-47.
134. Погосян А.К., Ламбарян Н.А., Меликсетян Н.Г. Вулканизуемая композиция для получения фрикционного материала / А.с. №966105, СССР. - М., 1982. - Бюл. изобр. - N38.
135. Погосян А.К., Ламбарян Н.А., Меликсетян Н.Г. Копылов С.В., Смирнов В.В. Полимерная композиция для получения фрикционных материалов / А.с. №1094331, СССР. - М., 1984. - ДСП.
136. Погосян А.К., Сысоев П.В., Меликсетян Н.Г., Близнац М.М., Мышкин Н.К. Полимерная фрикционная прессккомпозиция /А. с. №1142488, СССР. – М., 1985. - Бюл. изобр. - №8.
137. Погосян А.К., Меликсетян Н.Г., Ламбарян Н.А., Васильев И.И. Полимерная фрикционная прессккомпозиция/ А. с. №1224321, СССР.-М., 1986.- Бюл. изобр. - N14.
138. Погосян А.К., Меликсетян Н.Г., Заика В.Н., Ламбарян Н.А., Исаев А.Э., Исаев Э.Л. Композиция для получения фрикционного материала. / Патент № 2260018. Россия. - М., 2005. - Бюл. № 25.
139. Погосян А.К., Меликсетян Н.Г., Мамулян Н.И., Ламбарян Н.А. Полимерная фрикционная композиция. / Патент 753 РА. - Ереван, 1999.
140. Меликсетян Н. Г., Овсепян Г. С., Карапетян Г. А., Меликсетян Г. Н., Галстян А. Ж. Базальтополимерные фрикционные материалы.- Материалы 4-й Межд. науч.-прак. Конф. Современные материалы, Техника и технология.- РФ Курск 2014, с.280-286.
141. Меликсетян Г. Н. Тормозной фрикционный материал с многокомпонентными минералами.- Сб. трудов Межд. научно-практическая конф.«Наука - общество - технологии - 2017»Москва 2017 с. 215-218.
142. Глушко В.П. и др. Термодинамические свойства индивидуальных веществ.- М. Наука, 1978.-324 с.
143. Карапетян К.А., Бахсян А.О., Акопян В.В., Погосян А.К. Исследование физико-механических и фрикционно-износостойких свойств двухкомпонентных полимерных композитов для ряда неорганических наполнителей //Известия Национальной Академии и ГИУА.- Ереван, 2007. - том LX. - N3. - С. 448-454.
144. hy.wikipedia.org/wiki/ .- Մարմար:

145. Պողոսյան Ա.Կ., Մելիքսեթյան Ն. Գ., Մելիքսեթյան Գ. Ն. Շփական բաղադրանյութ.- ՀՀ Գյուտի արտոնագիր N2909A, ԱՐԴՅՈՒՆԱԲԵՐԱԿԱՆ ՍԵՓԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ Պաշտ. Տեղ. N, 1 Երևան, 2015:
146. Меликсетян Г.Н. Технология изготовления тормозных колодок из фрикционных композитов Бастенит-9. Вестник НПУА.-Серия Металлургия, материаловедение, недропользование.-Ереван, 2017.- N 2.- С. 49-57.
147. Фрикционные изделия "ВАТИ-АВТО" Тормозные колодки <http://www.fortechnics.ru/product/kolodki/>.
148. Меликсетян Н. Г., Меликсетян Г. Н., Возможности использования фрикционных материалов Бастенит в тормозах грузового железнодорожного транспорта.- IV Int. Conf. Topical Problems of Continuum Mechanics.- Yerevan 2015.- p.272-276:
149. Вуколов Л.А., Жаров В.А. Оценка трибологических характеристик металлокерамических тормозных колодок. Труды 6-го Межд. Симп. по фрикционным изделиям и материалам «ЯРОФРИ». – Ярославль, 2006. – С. 65-74.
150. Вуколов Л.А. Характеристики колодочного тормоза при скоростях до 250 км/ч //Автотормоза скоростных и тяжеловесных поездов. - М.,1979. Вып. 604. - с. 4-16.
151. Вуколов Л.А., Жаров В.А. Сравнительные характеристики тормозных колодок различных поставщиков // Вестник ВНИИЖТ. – М., 2005. - №2. – С. 16-20.
152. ЖДМ-online Информационная служба журнала Железные дороги мира Фрикционные материалы для тормозов. - ЖДМ 07-2003 <http://www.css-rsd.ru/zdm/07-2003>.
153. <http://autopro.am/>.
154. Бакли Д. Поверхностные явления при адгезии и фрикционном взаимодействии.- М., Наука и техника, 1986.-285 с.
155. Autocomponents 10 2014 (TEST).- <https://sangsin.ru/doc/Autocomponents>.

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ
ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆ



РЕСПУБЛИКА
АРМЕНИЯ
ООО «ТРИБОЛОГ»

«ՏՐԻԲՈԼՈԳ» ՍՊԸ

✉ ՀՀ, Վանաձոր, Ծատուրյան փող. -19
РА, г. Ванадзор. Ул. Цатуряна -19
e.mail n_meliksetyan@mail.ru

☎ +37493668004

N120 / 2017

« 06» դեկտեմբեր 2017 թ.

Տ Ե Ղ Ե Կ Ա Ն Ք

Սույնով հաստատում եմ, որ «ՏՐԻԲՈԼՈԳ» ՍՊԸ-ում իրականացվում են ծրագրային աշխատանքներ Գալուստ Նորիկի Մելիքսեթյանի համահեղինակությամբ մշակված Բաստենիտ-9 արգելակային շփանյութից Lada (BA3) 2113 (Samara2) մակնիշի ավտոմեքենայի սկավառակային արգելակի շփական ներդիրների պատրաստման տեխնոլոգիան ներդնելու ուղղությամբ: Առաջարկվող նյութի ներդրումը տարեկան 12000 կոմպլեկտ արտադրության պայմաններում ապահովում է 7,11 մլն դրամ տնտեսական արդյունավետություն:

«ՏՐԻԲՈԼՈԳ» ՍՊԸ գործադիր տնօրեն

Լ.Զ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ