

Ա.Կ. ՊՈՂՈՍՅԱՆ, Ա.Ն. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Կ.Վ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ

ՀԱԿԱՇՓԱԿԱՆ ՊՈԼԻՄԵՐԱՅԻՆ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՖԻԶԻԿԱԲԻՄԻԱԿԱՆ  
ՁԵՎԱՓՈՒՆՈՒՄԸ ՀԱՆՔԱՆՅՈՒԹԵՐՈՎ

Պոլիմերների կառուցվածքի ու հատկությունների վրա օրգանական յուղող նյութերի (օրինակ՝ ֆտորալկանի) ազդեցության ուսումնասիրությամբ հաստատված է դրանց՝ որպես հետերոցիկլային պոլիմերների ցածրամոլեկուլային չափամասերի կայունարարների դերը, որոնք պոլիմերների ցանցային կառուցվածքի փոխակերպման արդյունքում նպաստում են նյութերի ջերմակայունության և մաշակայունության բարձրացմանը, ինչպես նաև շփման գործակցի փոքրացմանը:

**Առանցքային բաներ.** պոլիմեր, հանքային լցանյութ, ֆտորալկան, կոմպոզիտ, ջերմատրոհում, մաշակայունություն, շփման գործակից:

Կոմպոզիտային ինքնայուղվող պոլիմերային նյութերը (ԿԻՊՆ) լայնորեն կիրառվում են ժամանակակից տեխնիկայում՝ օգտագործելով մեքենաների ու սարքերի տարբեր շփահանգույցներում: Առանց յուղման շփման հանգույցներում աշխատող պոլիմերային նյութերի աճող պահանջարկն ու կիրառությունը մեծ նշանակություն ունեն մեքենաների ու սարքերի որակի, հուսալիության և երկարակեցության բարձրացման գործում: Առավելագույն նշանակություն է տրվում հատկապես զարգացած հումքային բազայով և բարձր արտադրողականությամբ պոլիմերային նյութերին, ինչպես նաև ոչ թանկարժեք լցանյութերին [1-4]:

Որպես հետազոտման առարկա ընտրվել են հետևյալ ջերմապլաստիկ հակաշփական պոլիմերային նյութերը՝ ֆորմալդեհիդի և դիօքսոլանի համապոլիմերը (ՖԴՀ), պոլիամիդներ 6-ը (ՊԱ-6) ու 66-ը (ՊԱ-66) և պոլիֆենիլօքսիդը (ՊՖՕ), որոնք արտադրվում են մեծ քանակներով և ունեն լայն կիրառություն մեքենաշինության և սարքաշինության մեջ՝ որպես սահքի առանցքակալներ, ատամնանիվներ և ուղղորդիչներ: Սակայն նշված նյութերի արդյունավետ օգտագործումը սահմանափակվում է դրանց ոչ բավարար ամրության և ջերմաֆիզիկական, ինչպես նաև ցածր շփագիտական հատկություններով՝ հատկապես համեմատաբար բարձր սահքի արագությունների ( $V > 1,0$  մ/վ) դեպքում:

Վերը նշված նյութերի հիմքով ԿԻՊՆ ստանալու համար որպես լցանյութեր օգտագործվել են հայկական տարբեր հանքային լցանյութեր՝ տրավերտինը, մարմարը, բենտոնիտը և տուֆը, որոնք նախօրոք ջերմամշակվել և ձևափոխվել էին օրգանական յուղող նյութերով (ՕՅՆ)՝ ֆտոր պարունակող օլիգոմերներով (ֆտորալկանով-ՖԱ), ստեարինաթթվով և վոլգոնատով (նատրիումի ալկանսուլֆատով): Ջերմամշակումը կատարվել է 450...500 °C ջերմաստիճանում 8...10 ժամվա ընթացքում:

Հանքային լցանյութերը էժան և լայն տարածում գտած հումք են Հայաստանում, իսկ ֆտորալկանը, ստեարինաթթուն և վոլգոնատը քիմիական ձեռնարկությունների արտադրության թափոններ են: Դիտարկված է կոմպոզիտի մեջ լցանյութերի լցուման երկու հիմնական եղանակ՝ մեկփուլանի (բաղադրամասերը թմբուկի մեջ խառնելով) և երկփուլ (օգտագործելով նախապես ձևափոխված հանքանյութեր): Ձևափոխման համար հանքային լցանյութի փոշին մեկ բոպետում խառնվում է ՕՅՆ-ի, օրինակ՝ ֆտորալկանի հետ շիթային MCTII-5 թրթռադացի մեջ:

Պոլիմերային կոմպոզիտների ձևավորման ընթացքում նյութերի ցանցային կառուցվածքի առաջացման կինետիկան ուսումնասիրվել է գոլ-գել և ընդարձակաչափական վերլուծությամբ: Որպես լուծիչներ օգտագործվել են հեքսաֆտորացետոն-հիդրատը (ՖՂՀ համար), մրջնաթթուն (պոլիամիդներ 6 և 66 համար), քլորոֆորմը (ՊՖՕ համար): Լցավորված պոլիմերների լուծվող մասի հարաբերական մածուցիկությունը և գել չափամասը որոշվել է լուծիչի 95%-անոց լուծահանման մեթոդով:

Շփագիտական հատկություններն ուսումնասիրվել են լիսեռ-մասնակի ներդիր և ճակատային շփման սխեմաներով, համապատասխանաբար CMI-2 և ИМ-58 շփման մեքենաների վրա: Նշված մեքենաները գրանցում են շփման մոմենտը (գործակիցը), փորձանմուշի գծային մաշումը, ինչպես նաև ջերմաստիճանը շփահպակում: Փորձարկումները կատարվել են 0,1-ից մինչև 2 մ/վ արագության և 0.1-ից մինչև 6 ՄՊա բեռնվածքի պայմաններում: Որպես հակամարմիններ ծառայել են 50 մմ տրամագծով լիսեռը և 22×12 մմ տրամագծով վրանը, որոնք համապատասխանաբար պատրաստված են պողպատ 45-ից և 1X13-ից (HB 150...170)՝  $R_a = 2,5...0,2$  մկմ մակերևութային մաքրությամբ:

Նյութերի դեֆորմացման և ընդարձակաչափական հատկություններն ուսումնասիրվել են ջերմամեխանիկական վերլուծությամբ: Նախնական և ջերմամշակված տրավերտինի՝ որպես օրինակի հիմնական քիմիական կազմը և որոշ բնութագրերը բերված են աղ. 1-ում: Լցանյութերի ֆտորալկանով ձևափոխման մեխանիզմի բացահայտման նպատակով կատարվել են ՖԱ և տրավերտին+ՖԱ խառնուրդի մասսպեկտրաչափական հետազոտություններ:

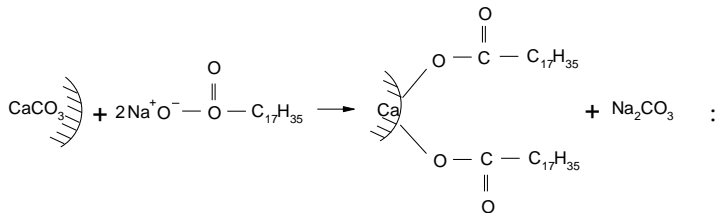
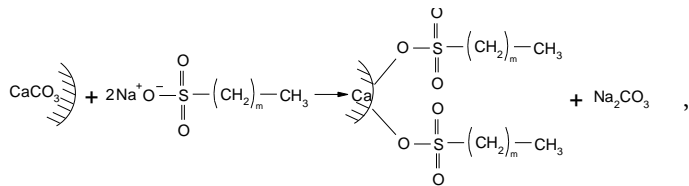
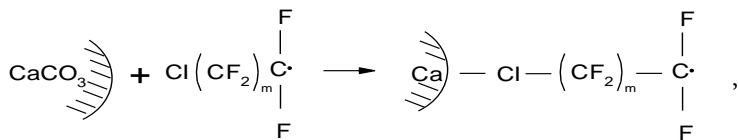
Աղյուսակ 1

Նախնական և ջերմամշակված տրավերտինի քիմիական կազմն ու բնութագրերը

Ցուցանիշ	Տրավերտին	
	Նախնական	Ջերմամշակված
Քիմիական կազմը, %՝ CaO	52,80...54,12	54,86...56,18
CO <sub>2</sub>	42,24...44,26	40,15...42,08
Տեսակարար մակերևույթը, մ <sup>2</sup> /գ	740	635
Լիցքային կշիռը, կգ/մ <sup>3</sup>	1578	1346
Հատիկայնությունը, մկմ	20...40	25...45

Վերլուծությունը ցույց է տալիս (աղ. 2), որ հանքային լցանյութերի և ֆտորալկանի համատեղ թրթռամանրացման ընթացքում էլեկտրոնների հարվածների տակ ՖԱ-ի կազմալուծումն ընթանում է դրա շղթայի ոչ ամուր C-C կապերով և ակտիվ ռադիկալների առաջացմամբ, իսկ C-F կապի ամրությունն արգելակում է F ատոմի անցումը մի ռադիկալից մյուսը: Արդյունքում՝ առաջանում է հակաշփական նոր նյութ՝ ձևափոխված հայկական հանքային լցանյութ (ՁՀՀԼ)՝ օժտված յուղման լավ հատկություններով, որում պահպանվում է լցանյութերի կառուցվածքը՝ ներարկված ֆտորալկանի շերտով, և որտեղ քլորի ատոմները տեղակայված են հիմնականում դրա ծայրամասերում [5]:

Ստորև ներկայացված են ՖԱ և ջերմամշակված հանքային լցանյութերի փոխազդեցության արդյունքում ստացված կառուցվածքային բանաձևերը.



Նախնական և ջերմամշակված տրավերտինով (տուֆով) ձևափոխված լցանյութերի ջերմաքայքայումը հանգեցնում է ՖԱ իոնների տրոհման ուժգնության համապատասխանաբար 5...8 և 7...13 անգամ նվազմանը, ինչը վկայում է տրավերտինի և ՖԱ համատեղ թրթռամանրացման ընթացքում փոխազդեցության մասին: Մասնիկների ջերմաքայքայման վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ ամենաշատ քլոր պարունակող մասնիկները  $(\text{CF}_2)_m\text{Cl}^+$  իոններն են, որտեղ  $m=1\dots4$ :

Ֆտորակալանի և ձևափոխված հայկական հանքային լցանյութերի ջերմատրոհումը

Իոն, m/z	Նյութի կազմը	Արձակված նիւթերի, %		
		ՖՍ	Տրավերտին (տուֆ) +ՖՍ	Տրավերտին (տուֆ) +ՖՍ (ՖՍ լվացումից հետո)
31	CF	0,83	0,56 (0,65)/0,45 (0,58)	0,08 (0,09)/0,062 (0,072)
50	CF <sub>2</sub>	0,9	0,42 (0,48)/0,35 (0,40)	0,06 (0,07)/0,038 (0,05)
51	CF <sub>2</sub> H	4,8	0,82 (0,93)/0,68 (0,76)	0,16 (0,17)/0,12 (0,152)
85	(CF <sub>2</sub> )CI	5,9	1,20 (1,26)/1,02 (1,05)	0,84 (0,90)/0,53 (0,690)
87	(CF <sub>2</sub> )CI	4,8	0,80 (0,84)/0,62 (0,68)	0,66 (0,72)/0,57 (0,062)
100	(CF <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	4,8	0,64 (0,70)/0,44 (0,57)	0,12 (0,13)/0,08 (0,103)
101	(CF <sub>2</sub> )H	2,0	0,24 (0,29)/0,16 (0,22)	0,04 (0,05)/0,02 (0,030)
119	(CF <sub>2</sub> )F	4,8	0,86 (0,92)/0,58 (0,75)	0,15 (0,16)/0,09(0,141)
131	(CF <sub>2</sub> )CF	4,8	0,98 (1,05)/0,70 (0,88)	0,31 (0,38)/0,22 (0,352)
135	(CF <sub>2</sub> )CI	3,6	0,51 (0,56)/0,32 (0,41)	0,34 (0,39)/0,23 (0,363)
137	(CF <sub>2</sub> )CI	2,8	0,43 (0,51)/0,20 (0,34)	0,27 (0,35)/0,19 (0,310)
150	(CF <sub>2</sub> ) <sub>3</sub>	4,8	0,78 (0,85)/0,52 (0,65)	0,23 (0,28)/0,15 (0,24)
151	(CF <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> H	0,3	0,08 (0,09)/0,05 (0,07)	0,02 (0,03)/0,01 (0,02)
185	(CF <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CI	0,9	0,12 (0,13)/0,080 (0,11)	0,08 (0,09)/0,04 (0,07)
187	(CF <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CI	1,1	0,15 (0,16)/0,11 (0,14)	0,10 (0,11)/0,05 (0,08)

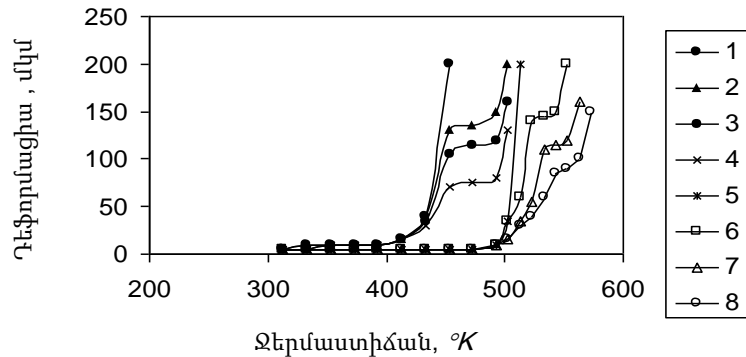
Ծանոթություն. համարիչում նախնական հանքանյութի, իսկ հայտարարում՝ ջերմատրոհվածի տվյալներն են:

Շփագիտական փորձարկումների արդյունքները վկայում են ձևափոխված հայկական հանքային լցանյութերի օգտագործման արդյունավետության մասին, ինչը նպաստում է կոմպոզիտների շփման գործակցի զգալի նվազմանը և մաշակայնության բարձրացմանը: Պոլիմերային կոմպոզիտների ձևավորման պրոցեսում նյութերի ցանցային կառուցվածքի առաջացման կինետիկան ուսումնասիրվել է գոլ-գել վերլուծությամբ: Որոշվել են լուծվող մասի հարաբերական մածուցիկությունը և չլուծվող մասի քանակությունը: Նախնական և լցավորված պոլիմերային նմուշների հետազոտումը՝ կախված լցավորման աստիճանից, վկայում է, որ ՉՀՀԼ և հետերոցիկլային պոլիմերների ֆունկցիոնալ խմբերի քիմիական փոխազդեցության արդյունքում կատարվում է ինչպես պոլիմերների մոլեկուլային կշռի ավելացում, այնպես էլ միջմոլեկուլային կապերի առաջացում, ինչը հաստատվում է լուծվող մասի հարաբերական մածուցիկության և չլուծվող մասի պարունակության ավելացմամբ (աղ. 3): Հակաշփական հատկությունները, կախված ՉՀՀԼ լցավորման աստիճանից, կատարվել են CMT-1 շփամեքենայի վրա  $P_a = 1,91$  ՄՊա բեռնվածքի,  $V = 0,78$  մ/վ արագության և պողպատ 45 (HRC 48-52,  $R_a = 1,25$  մկմ) հակամարմնի պարագայում:

Լցավորման քանակի ազդեցությունը պոլիմերների հարաբերական մածուցիկության, շլուծվող չափամասի և հակաշփական հատկությունների վրա

Կոմպոզիտի կազմը, կշռ. %	Հարաբերական մածուցիկություն, η	Չլուծվող չափամաս, կշռ. %	Գծային մաշման ուժգնություն, I·10 <sup>-9</sup>	Շփման գործակից, f
ՖՂՀ	3,5	0	10,29	0,15
ՖՂՀ + 5% ՉՀՀԼ	5,1	17,8	9,8	0,14
ՖՂՀ + 20% ՉՀՀԼ	5,9	38,6	4,2	0,11
ՖՂՀ + 40% ՉՀՀԼ	6,2	48,7	2,2	0,08
ՊԱ-6	2,8	0	12,2	0,20
ՊԱ -6+ 5% ՉՀՀԼ	4,7	16,2	10,8	0,20
ՊԱ -6+20% ՉՀՀԼ	5,6	36,0	8,0	0,17
ՊԱ -6+40% ՉՀՀԼ	5,9	42,5	5,2	0,14
ՊԱ -66	3,1	0	10,5	0,22
ՊԱ -66+ 5% ՉՀՀԼ	4,9	15,6	10,0	0,22
ՊԱ -66+10% ՉՀՀԼ	5,5	26,0	7,2	0,18
ՊԱ -66+20% ՉՀՀԼ	5,7	34,5	4,8	0,15
ՊՖՕ	4,1	0	15,0	0,28
ՊՖՕ + 5% ՉՀՀԼ	5,9	14,5	14,2	0,25
ՊՖՕ + 20% ՉՀՀԼ	6,5	27,6	9,8	0,20
ՊՖՕ + 30% ՉՀՀԼ	6,8	36,5	5,4	0,16

Պոլիմերային կոմպոզիտների դեֆորմացման հատկությունները նույնպես զգալիորեն կախված են ՉՀՀԼ քանակից: Նախնական նյութերի, օրինակ՝ ՖՂՀ և ՊԱ-6 համար ստացված պոլիմերներին հատուկ ամորֆ-բյուրեղային ջերմամեխանիկական կորերը (նկ.) բնութագրվում են բեռնվածքի տակ հալման բյուրեղային ֆազի առաձգական դեֆորմացումից դեպի մածուցիկ հոսքը տեղաշարժով: Լցավորված նյութերում ցանցային կառուցվածքի առկայությունը պայմանավորվում է բարձր առաձգական դեֆորմացման տիրույթում հորիզոնական հարթակի առկայությամբ, որի դիրքը կախված է ՉՀՀԼ քանակից: Մինչև 5% լցավորման դեպքում ջերմամեխանիկական կորերում ոչ մի փոփոխություն չի նկատվում, 5%-ից բարձրի դեպքում՝ դիտվում է դեֆորմելիության բնույթի փոփոխություն բարձր առաձգական դեֆորմացման տեղաշարժով դեպի բարձր ջերմաստիճանային տիրույթ:



Նկ. Պոլիմերային նյութերի ջերմամեխանիկական կորերը՝ կախված ՀՀՀԼ պարունակությունից. 1- ՖԴՀ, 2- ՖԴՀ+ 5կշռ.%, 3-ՖԴՀ+20կշռ.%, 4-ՖԴՀ+40կշռ.%, 5- ՊԱ-6, 6- ՊԱ-6+5կշռ.%, 7- ՊԱ-6+ 20կշռ.%, 8- ՊԱ-6 +30կշռ.%

Այսպիսով, հետերոցիկլային պոլիմերների կառուցվածքի ու հատկությունների վրա օրգանական յուղող նյութերի (օրինակ՝ ֆտորալկանի) ազդեցության ուսումնասիրությամբ հաստատված է, որ դրանք հետերոցիկլային պոլիմերների ցածրամոլեկուլային չափամասերի կայունացնողներ են, որոնք նպաստում են դրանց անցմանը դեպի չլուծվող վիճակ և պոլիմերների ցանցային կառուցվածքի արդյունքում՝ նյութերի ջերմակայունության բարձրացմանը:

Բաղադրամասերը մեկփուլանի եղանակով խառնելու դեպքում ՖԱ հանդես է գալիս հիմնականում որպես հետերոցիկլային պոլիմերների շղթայում կապակցող մասնիկ, ինչպես նաև շփման ձևափոխիչ, նպաստելով փորձանմուշների ջերմակայունության բարձրացմանը՝ նախնական նյութերի հետ համեմատած: Կոմպոզիտում բաղադրամասերի երկփուլ եղանակով լցոնումը, նախապես ձևափոխված հայկական հանքանյութեր օգտագործելիս, նպաստում է հետերոցիկլային պոլիմերների կառուցվածքի և հատկությունների համալիր փոփոխությանը, ինչի արդյունքում բարձրանում է դրանց մաշա- և ջերմակայունությունը, ինչպես նաև նվազում շփման գործակցի արժեքը բարձր ջերմաստիճանային տիրույթում, բարելավվում են նյութերի ամրության բնութագրերը: Հետերոցիկլային պոլիմերների շփագիտական հատկությունների բարելավումը (մաշակայունության բարձրացումը և շփման գործակցի նվազումը) պայմանավորված է նաև ձևափոխված լցանյութերի հատուկ կառուցվածքով, որում ՖԱ ներարկված է շերտ առ շերտ հանքանյութի մակերևույթի վրա, և քլորի ատոմները տեղակայված են հիմնականում դրա ծայրամասերում:

## ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Трение и износ материалов на основе полимеров / В.А. Белый, А.И. Свириденко и др. - Минск: Наука и техника, 1976.- 431 с.
2. Полимеры в узлах трения машин и механизмов: Справочник / Под ред. А.В. Чичинадзе.- М.: Машиностроение, 1980.- 208 с.
3. **Погосян А.К.** Трение и износ наполненных полимерных материалов. – М.: Наука, 1977.- 138 с.
4. **Ениколопян Н.С., Вольфсон С.А.** Химия и технология полиформальдегида.- М.: Химия, 1968.- 279 с.
5. **Պողոսյան Ա.Կ., Կարապետյան Ա.Ն., Հովհաննիսյան Կ.Վ.** Ձևափոխված հալկական հանքանյութերի կառուցվածքի և հատկությունների ուսումնասիրությունը պոլիմերային կոմպոզիտների համար // ՀՊՃՀ Լրաբեր (ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿ). Գիտական հոդվածների ժողովածու. - Երևան, 2012.- էջ 95-100:

ՀՊՃՀ (ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿ): Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 03.02.2014:

**А.К. ПОГОСЯН, А.Н. КАРАПЕТЯН, К.В. ОГАНЕСЯН**

### **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ МИНЕРАЛАМИ**

Изучено влияние органических смазочных материалов (например, фторалкана) на структуру и свойства полимеров. Установлено, что эти материалы являются стабилизатором низкомолекулярных фрагментов гетероцепных полимеров и вследствие преобразования сетчатой структуры полимеров способствуют повышению теплостойкости и износостойкости материалов, а также снижению коэффициента трения.

**Ключевые слова:** полимер, минерал, фторалкан, композит, термораспад, износостойкость, коэффициент трения.

**A.K. POGOSIAN, A.N. KARAPETYAN, K.V. HOVHANNISYAN**

### **PHYSICO-CHEMICAL MODIFICATION OF ANTIFRICTION POLYMER MATERIALS BY MINERALS**

The influence of organic lubricating materials (for example, fluoroalkane) on the polymer structure and properties is studied. It is established that these materials are stabilizers of low molecular fragments of heterochain polymers and, as a result of the transformation of the polymer cross-linked structure, promotes the increase in the materials' heat and wear resistance, as well as the decrease in the friction coefficient.

**Keywords:** polymer, mineral, fluoroalkane, composite, thermal disintegration, wear resistance, coefficient of friction.