

Հ.Ս. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, Է.Գ. ՀԱՄԲԱՐՁՈՒՄՅԱՆ, Լ.Զ. ԳԱԼՍՏՅԱՆ

ԵՐԿԱԹ-ՔՐՈՄ ՀԻՄՔՈՎ ԱՍՐԱՆԱՎՈՐՎԱԾ ՓՈՇԵՀԱՄԱՁՈՒԼՎԱԾՔԻ
ՇՓԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Մշակվել է Fe-Cr հիմքով հակաշփական նշանակությամբ փոշեկոմպոզիտային նյութերի ստացման տեխնոլոգիա: Հիմքում ունենալով ամրացման պինդլուծությային Fe[Ni], Fe[Mo], Fe[Cr] մեխանիզմը և Fe-Cr մայրակին ավելացնելով պինդ քսանյութեր (C, MoS₂), ինչպես նաև պողպատ 40 մակնիշի մետաղալարեր, ստացվում են չոր շփման պայմաններում աշխատող հակաշփական հատկություններով ($\mu=0,050$ և $I=0,033$ *գ/կմ*) ամրանալորված փոշեկոմպոզիտային նյութեր: Ցույց են տրված դրանց մեխանիկական և շփական հատկությունները, ինչպես նաև կատարվել է կոմպոզիցիոն նյութի միկրոկառուցվածքի ուսումնասիրություն: AutoCAD 2010 միջավայրում եռաչափ գրաֆիկական մոդելի միջոցով որոշվել են աշխատանքային պայմանների համար պարամետրերի օպտիմալ տարբերակները: Մոդելային և բնօրինակային փորձարկումների արդյունքների առավելագույն տարամիտությունը չի գերազանցում 14%:

Առանցքային բառեր. արտամղում, կոմպոզիտային նյութ, մեխանիկական և հակաշփական հատկություններ, միկրոկառուցվածքային վերլուծություն:

Ներածություն. Փոշեմետալուրգիայի մեթոդները հնարավորություն են տալիս ստանալու բարձրարդյունավետ հակաշփական հատկություններով կոմպոզիտային նյութեր: Դրանք թույլ են տալիս առավել տարբերացված կառավարելու հակաշփական հատկությունները, միավորելով մեկ նյութի մեջ անհրաժեշտ ամրությամբ և պլաստիկությամբ օժտված 6 տարբեր բնույթի ներմուծանքներով լեգիրված տանող մայրակ: Ներմուծանքների մի մասը կատարում է պինդ քսանյութի դեր, իսկ մյուս մասը ակտիվացնում է կառուցվածքագոյացումը, առաջացնելով շփվող շերտերում II-ային կառուցվածքներ: Այդ ներմուծանքները (գրաֆիտ, սուլֆիդներ, ծծումբ և այլն) թույլ են տալիս հաղթահարել մակերևութային կառչումը՝ տալով նյութին արդյունավետ հակաշփական հատկություններ:

Փոշեհամաձուլվածքում լեգիրող տարրերը (Mo, Cr, Ni, Cu և այլն) երկաթի հետ առաջացնում են պինդ լուծույթներ, իսկ ավելի մեծ պարունակությունների դեպքում՝ ինտերմետաղական միացություններ (ամրացնելով մետաղական մայրակը), որոնց առկայությունը զգալիորեն լավացնում է հակաշփական կոմպոզիտային նյութի մաշակայունությունը, հատկապես ծանր բեռնվածության պայմաններում (ինչպես ինքնայուղման, այնպես էլ շփման սահմանային յուղման ռեժիմներում):

Նշված տարրերի ազդեցությունն արտահայտվում է ոչ միայն կառուցվածքի կայունացման, այլև ջերմային մշակման նկատմամբ ունեցած հակման և մաշման ու շփման գործակցի իջեցման բնութագրերում:

Հակաշփական նշանակությամբ փոշեկոմպոզիտային նյութի ստացման տեխնոլոգիական գործընթացը բաղկացած է բովախառնուրդի պատրաստումից, մամլումից (նախնական ծակոտկենությունը՝ $\theta_0 = 20...25\%$), եռակալումից՝ մաքրակի նյութի լրիվ կամ մասնակի հոմոգենացմամբ և տաք արտամղումից՝ մինչև անծակոտկեն կառուցվածքի ստացումը:

Բովախառնուրդում վերոհիշյալ լեգիրող տարրերի %-ային պարունակությունները բերված են աղ. 1-ում:

Աղյուսակ 1

Փոշեկոմպոզիտային նյութերի ելքային բաղադրությունները

Համաձուլվածքի բաղադրությունը	Կոմպոնենտների բաղադրությունը, %				
N	Cr	Mo	C	Ni	Fe
1. П40Х	1,0	-	0,4	-	մնացածը
2. П40ХН	0,6	-	0,4	1,5	— " —
3. П35ХМ	1,0	0,5	0,35	-	— " —
4. П40ХНМ	1,0	0,5	0,4	1,5	— " —
5. ПНМ	-	0,5	1	1,5	— " —

Հետազոտության արդյունքները: Վերոհիշյալ տարրերի ազդեցությունը երևում է համաձուլվածքի թրծումից հետո կառուցվածքի կայունացմամբ (մանրահատ և հոմոգեն կառուցվածք): Համեմատելով եռակալված և արտամղված նմուշների միկրոկառուցվածքները՝ երևում է, որ երբ ձևագոյացումը սկսվում է եռակալման ժամանակ, ապա արտամղման ընթացքում էական փոփոխություններ կառուցվածքում չեն հայտնաբերվում: Դա հատկապես վերաբերում է Cr-ի, Mo-ի մասնիկների դիսպերսայնությանը:

Մեր կողմից մշակված տաք արտամղման տեխնոլոգիական գործընթացով ստացվել են Fe-Cr-Ni-Mo-C համակարգի համաձուլվածքներ՝ դեֆորմացման բարձր աստիճանով և մեխանիկական հատկություններով (աղ. 2):

Աղ. 2-ում ներկայացված են հետազոտված կոնստրուկցիոն պողպատների մեխանիկական հատկությունները նորմալացումից հետո:

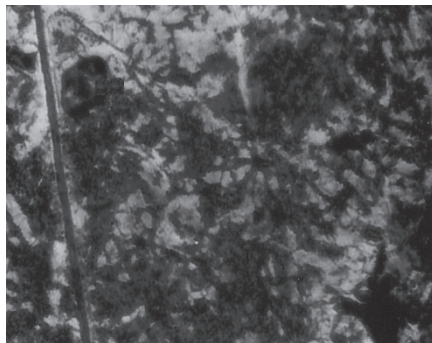
Տաք արտամղումից և նորմալացումից հետո անծակոտկեն 3-րդ համաձուլվածքի (աղ. 2) մեխանիկական հատկություններն են՝ $\sigma_s = 500...550$ ՄՊա, $\delta = 13...18\%$, $HB = 1250$ ՄՊա: Նկ.1-ում բերված է Fe-Cr-Mo-C կոմպոզիտային նյութի միկրոկառուցվածքը արտամղումից հետո: Գրաֆիտի առկայությունը կոմպոզիտային նյութի

բաղադրությունում կատարում է 2 գործողություն՝ I – որպես պինդ քսանյութ, II – լեգիրող տարր, քանի որ ակտիվորեն մասնակցում է կառուցվածքագոյացմանը՝ լուծվելով երկաթում և առաջացնելով α պինդ լուծույթ: Միկրոկառուցվածքը ֆերիտ-պեռլիտ է՝ լեգիված քրոմով: Հետազոտություններից պարզվել է նաև, որ մոլիբդենի առկայության պայմաններում, բացի երկաթի և քրոմի կարբիդներից, կարող են գոյանալ նաև MoC, Mo₂C:

Աղյուսակ 2

Լեգիրված կոմպոզիտային փոշեհամաձուլվածքների մեխանիկական հատկությունները

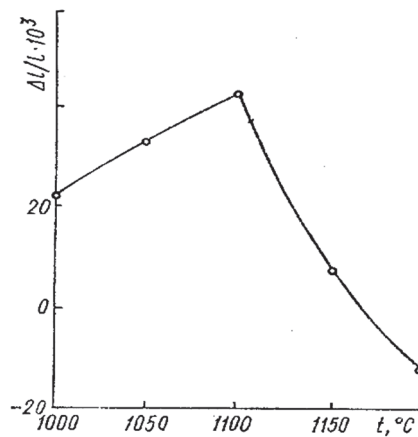
Փոշեհամաձուլվածքներ	σ_b , ՄՆ/սմ ²	σ_s , ՄՆ/սմ ²	δ , %	ψ , %	KCU, կՋ/սմ ²	HB, ՄՊա	Ջերմային մշակում
1. П40Х (տաք մամլված, $\theta=3...4\%$)	534	741	8	38	500	1100...1150	նորմալացում
2. П40Х (տաք արտամղված, $\theta=0$)	568	833	14	45	590	1100...1150	— " —
3. П38ХМ (տաք արտամղված, $\theta=0$)	550	857	13	46	613	1250...1300	— " —
4. П40ХН (տաք մամլված, $\theta=3...4\%$)	587	782	9	40	580	1250...1300	— " —
5. П40ХМА (տաք արտամղված $\theta=0$)	—	1230	12	33	617	3300...3400	$T_{\text{մխ}}=850^\circ\text{C}$ արտամղումից հետո (ԲՋՄՄ), $T_{\text{արձ.}}=400^\circ\text{C}$, սառեցումը յուղում



*Նկ. 1. Fe-Cr-Mo-C կոմպոզիտային նյութի միկրոկառուցվածքը արտամղումից հետո
($T_w=1100^\circ\text{C}$, $\lambda=4$)($\times 400$)*

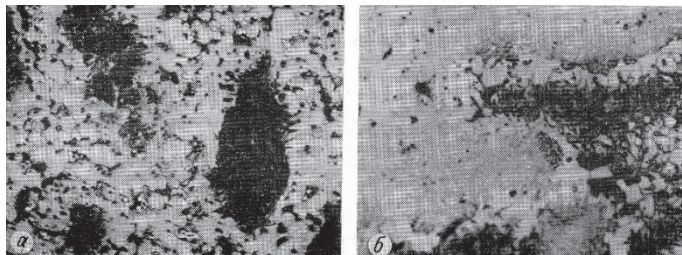
Fe-Mo-C խառնուրդին Ni-ի ավելացումը (բաղադրություն 5), Fe-Mo-Ni եռակի համակարգի հավասարակշռության պայմանի համաձայն, ածխածնի 2,14% և ավելի պարունակությունների դեպքում խիստ ակտիվացնում է եռակալման գործընթացը՝ հեղուկ ֆազի առկայության պատճառով, արդյունքում՝ մեծանում

են գծային նստեցման չափսերը (նկ. 2): Ni-ի առկայության դեպքում լեգիրված Fe-C-ում գոյանում են երկակի և եռակի պինդ լուծույթներ: Ջերմաստիճանի բարձրացումով ($T=1200^{\circ}\text{C}$) և պահումով, $\tau_{\text{պահ}}=3$ ժամ, կատարվում է համաձուլվածքի հոմոգենացում: Եռակալուծից հետո ստացվում է հետերոգեն կառուցվածք, որը բաղկացած է երկաթի հիմքով պինդ լուծույթներից՝ [FeNi], [NiMo] և [FeNiMo], և դիսպերս կարբիդներից [1]:



Նկ. 2. Fe-Ni-Mo-C կոմպոզիտային նյութի գծային նստեցման կախումը եռակալման ջերմաստիճանից

Միկրոկառուցվածքային վերլուծությունով որոշվել են <Fe-Ni-Mo-C> համաձուլվածքի ֆազային բաղադրությունները՝ Ni և Mo-ի ոչ համասեռ պինդ լուծույթը երկաթում, առկա են նաև քիչ կարբիդային ֆազեր (նկ. 3 ա, բ):



ա)

բ)

Նկ. 3. Բարձր լեգիրացված Fe-Ni-Mo-C փոշեհամաձուլվածքի միկրոկառուցվածքը. ա – խոշորացում ($\times 450$); բ – ($\times 600$)

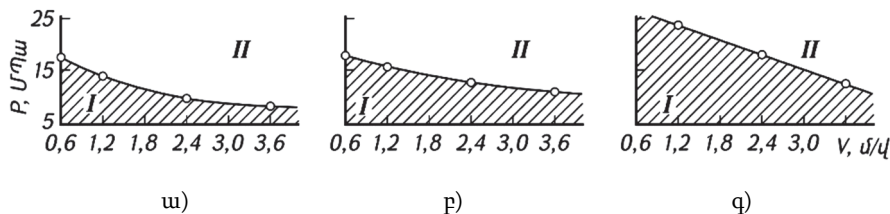
Աղ. 2-ի արդյունքները ցույց են տալիս, որ մեխանիկական բարձր հատկություններն ի հայտ են գալիս տաք արտամղմամբ ստացված П40ХНМ մակնիշի փոխհամաձուլվածքում, միտումից ($T_{\text{մի}}=850^{\circ}\text{C}$, սառեցումը յուրում) և $T_{\text{արձ}}=400^{\circ}\text{C}$ -ում

արձակումից հետո: Ստացվել է $\sigma_{\sigma}=1230 \text{ ՄՆ/սմ}^2$, $\varphi=33\%$, իսկ բարձր ջերմամեխանիկական մշակումից հետո՝ $\sigma_{\sigma}=1800 \text{ ՄՆ/սմ}^2$, $\varphi=35\%$:

Ընտրված լեգիրող տարրերի՝ երկաթի հետ առաջացրած պինդ լուծույթներն ամրացնում են մետաղական հիմքը և լավացնում կոմպոզիտային նյութի մաշակայունությունը, հատկապես աշխատանքի ծանր պայմաններում (ինչպես ինքնալույման ռեժիմներում, այնպես էլ սահմանային շփման պայմաններում):

Հետազոտությունների արդյունքում նկատվում են կառուցվածքի կայունացում, թրծման նկատմամբ բարձր ունակություն, կայունություն մաշման նկատմամբ և շփման ցածր գործակցի ապահովում (նկ. 3 ա, բ):

Նկ. 4-ում բերված է ստացված և ավանդական փոշեպողպատների Cr-ի (40X) և Ni-ի ու Mo-ի (40XHM) մաշակայունության կախվածությունը նորմալ ճնշումից (P) և սահքի արագությունից (V):



Նկ. 4. Նորմալ (I) և խաթարված (II) աշխատանքային տիրույթների դիագրամը. պողպատ 40 (ա), 40X (բ) և 40XHM (գ), կախված ճնշումից (P) և սահքի արագությունից (V)

Փորձարկման է ենթարկվել նաև տաք արտամղման եղանակով ստացված $\text{Fe}+1\%\text{Cr}+1,5\%\text{Ni}+1,0\%\text{C}+3\%\text{Cu}+3\%\text{MoS}_2+25\%$ պողպատ 40 մակնիշի լարեր* փոշեկոմպոզիտային նյութը:

Մետաղալարերով ամրանավորված կոմպոզիտային նյութ ստանալու համար մեր կողմից մշակվել է տեխնոլոգիա, որը ներառում է մամլման և տաք արտամղման գործընթացները [2]: Տեխնոլոգիական գործընթացի էությունը հետևյալն է: Պողպատ 40-ի լարը կտրել ենք $l/d=20$ ($d=0,28 \text{ մմ}$). 1-ն լարի երկարությունն է, d -ն՝ տրամագիծը: Այնուհետև կտրատված լարերը յուղազրկել ենք, մաքրել, որից հետո թրծել ($t_{\text{թրծ}}=850\ldots900^\circ\text{C}$, $\tau=1,0\ldots1,5 \text{ ժ}$): Հավասարաչափ բովախառնուրդ ստանալու համար բաղադրիչները (փոշենյութ, մետաղալարեր) թրջել ենք սպիրտով (1%) և խառնել 9...10 ժ: Կտրատված լարերը բովախառնուրդ ենք ներմուծել բաժին առ բաժին: Մետաղալարի քանակը կոմպոզիտային նյութում որոշվել է $G_L=G_{\text{մ}}V_L/V_{\text{մ}}V_{\text{մ}}$ բանաձևով, որտեղ G_L , $G_{\text{մ}}$ - լարի և մայրակի զանգվածներն են, իսկ V_L , $V_{\text{մ}}$ - լարի և մայրակի գրաված ծավալները կոմպոզիտային նյութում:

$V_L/V_{\text{մ}}$ - հարաբերությունը հաշվարկային է, բովախառնուրդի զանգվածը որոշվել է V_L և $V_{\text{մ}}$ գումարային արժեքով: Բովախառնուրդի երկկողմանի մամլումով պատրաստել ենք 20 % նախնական ծակոտկենությամբ փորձանմուշներ 25 մմ

տրամաչափով ($H_0/D_0=1,5$), որոնք ենթարկվել ենք նախատաքացման $1150^\circ\text{C} \pm 25^\circ\text{C}$ պաշտպանիչ միջավայրում (ջրածին) 0,5 ժ պահման տևողությամբ: Տաք վիճակում փորձանմուշները ենթարկվել են արտամղման՝ $\lambda=4$ արտամղման գործակցով: Ստացված կոմպոզիտային նյութերը նորմալացումից հետո ըստ հակաշփական հատկությունների փորձարկվել են CMI-2 սարքի վրա՝ պտտման արագությունը 1 մ/վ, արագության և 2,0...40 ՄՊա բեռնվածության պայմաններում [3, 4]:

Հետազոտվել է նաև մասշտաբային գործոնի ազդեցությունը եռակալված նյութերի հակաշփական հատկությունների վրա: Սակայն ամրանավորված մետաղակերամիկական նյութերի՝ ըստ մասշտաբային գործոնի շփական և մաշվածքային բնութագրերի հետազոտում գործնականում չի կատարվել: Այս առումով մեր կողմից մշակվել է փորձարկումների մեթոդ, և իրականացվել են շփման ու մաշման գործընթացի մոդելավորման համալիր հետազոտություններ չոր շփման պայմաններում աշխատող (առանցքակալներ և սահքի հենարաններ) արտամղված հակաշփական նյութերի համար (ըստ նկ. 4-ի):

Շփման և մաշման մոդելավորման խնդիրներում մոդելայինից իրականի անցման մասշտաբային գործակիցները հաշվարկվում են հայտնի C պարամետրի նկատմամբ (երկրաչափական պարամետրերի համալիր), որում միավորվում են մոդելի և բնօրինակի միկրոերկրաչափական պարամետրերը [5]:

Հաշվարկային չափանիշներով և մասշտաբային գործոնով պարզվել է, որ սահքի արագությունը (V) և տեսակարար ճնշումը (P) մոդելի և իրական առանցքակալի կոնտակտում պետք է լինեն միանման, այսինքն՝ $PV=1$: Դա թույլ է տալիս հաստատել, որ ստացված բանաձևերը հնարավորություն են տալիս կիրառելու նախկինում մշակված շահագործողական հատկությունների հավասարության դասական սկզբունքները մոդելի և բնօրինակի վրա: Մշակվել և փորձարկվել է արտամղված փոշեկոմպոզիցիաների շփման ժամանակ մաշման մոդելավորման մեթոդիկան, հաշվի առնելով հաշվարկի մասշտաբային գործոնը: Այդ մեթոդիկայով կատարված հետազոտությունները թույլ են տալիս առավել մեծ ճշգրտությամբ գնահատել շփման բնութագրերը և հուսալիորեն կանխորոշել մեքենաների և մեխանիզմների շփման հանգույցների երկարակեցությունը:

Ունենալով Կունսի մակերևույթի գրաֆիկական մոդելը՝ ցանցի ցանկացած հանգուցային կետում (ա, բ, գ) կարելի է որոշել այդ կետի x, y, z կոորդինատները թվային արժեքները, այսինքն՝ մակերևույթի այդ կետերին համապատասխանող փորձարկվող նմուշի բեռնվածությունը (P), պտտման արագությունը (V) և շփման գործակիցը՝ (μ) աղ. 3, 4, նկ. 5, 6:

Աղյուսակ 3

Հաստատուն բեռնվածության դեպքում ($P=23$ ՄՊա) տարբեր արագություններին համապատասխան շփման գործակցի արժեքները՝ նշված կետերում

Կետերը	1	2	3	4	5	6	7
P, ՄՊա	23	23	23	23	23	23	23
V, մ/վ	3,6	3,1	2,6	2,1	1,6	1,1	0,6
$\mu \cdot 10^{-2}$	7,5	6,0	5,3	4,7	4,3	4,2	4,2

Աղյուսակ 4

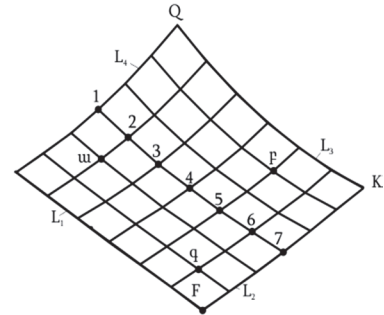
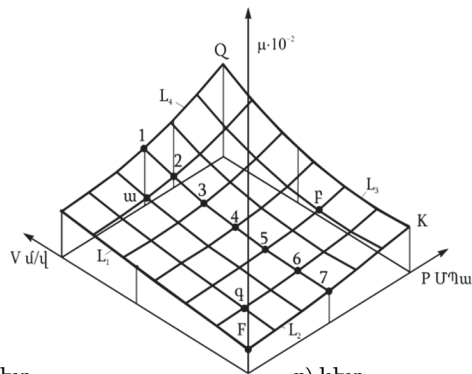
Հաստատուն բեռնվածության դեպքում ($P=23$ ՄՊա) տարբեր արագություններին համապատասխան մաշման գործակցի արժեքները՝ նշված կետերում

Կետերը	1	2	3	4	5	6	7
P, ՄՊա	23	23	23	23	23	23	23
V, մ/վ	3,6	3,1	2,6	2,1	1,6	1,1	0,6
$I \cdot 10^{-2}$	4,2	3,9	3,7	3,5	3,3	3,0	2,9

Բազմակոմպոնենտ ամրանավորված կոմպոզիտային նյութի աշխատանքային օպտիմալ ռեժիմը գտնվում է ճնշման արժեքների $P=12...40$ ՄՊա միջակայքում, որի ընթացքում շփման գործակցի և մաշման արժեքները չեն գերազանցում $\mu=0,050$ և $I=0,033$ $գ/կմ^3$ [3, 4]:

Cu-ով և C-ով լրացուցիչ լեգիրումը, ինչպես նաև հետագա նորմալացումն ապահովում են հակաշփական բարձր հատկություններ: Դա ապացուցում է նաև մետաղագրական վերլուծությունը (նկ. 7): Նորմալացումից հետո ($t_{մի}=850^{\circ}\text{C}$) կառուցվածքը ֆերիտ-պերլիտային է, ինչն էլ ապահովում է կոմպոզիտային նյութի մեխանիկական բարձր հատկությունները ($\sigma_{\partial}=500...550$ ՄՆ/մ², HB=1300 ՄՊա, $\delta=13\%$, $\psi=35\%$, KCU=590 $կՋ/մ^2$):

3 կշ.% Cu-ի առկայությունը փոշեկոմպոզիտային նյութում ապահովում է նաև բարձր ջերմահաղորդականություն, ինչն անհրաժեշտ է հակաշփական հատկությունների բարձագման համար: Փոշեկոմպոզիտային նյութի մեխանիկական և հակաշփական հատկությունները պայմանավորված են կոմպոնենտների տոկոսային պարունակությամբ (Fe, Cr, Cu, Ni, MoS₂, C), որոնց քանակական արժեքների օպտիմալացումը կատարվել է մեր կողմից ստացված փոշեհամաձուլվածքի նկատմամբ՝ Fe+1%Cr+1,5%Ni+1,0%C+3%Cu+3%MoS₂+25% պողպատ 40* [5,6]:



ա) կետ

$$x_w = 18,9$$

$$P_w = 18,9 \text{ ՄՊա}$$

$$y_w = 3,1$$

$$V_w = 3,1 \text{ մ/լ}$$

$$z_w = 5,8$$

$$\mu_w = 5,8 \cdot 10^{-2}$$

բ) կետ

$$x_p = 31,7$$

$$P_p = 31,7 \text{ ՄՊա}$$

$$y_p = 1,6$$

$$V_p = 1,6 \text{ մ/լ}$$

$$z_p = 5,1$$

$$\mu_p = 5,1 \cdot 10^{-2}$$

գ) կետ

$$x_q = 14,4 \quad P_q = 14,4 \text{ ՄՊա}$$

$$y_q = 1,1$$

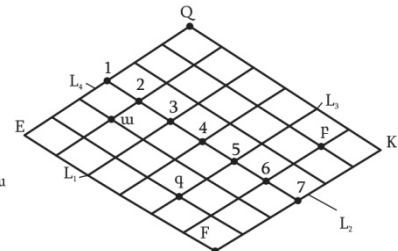
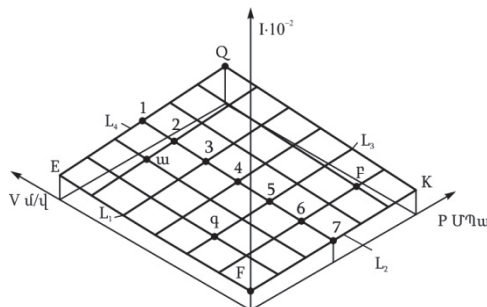
$$V_q = 1,1 \text{ մ/լ}$$

$$z_q = 3,8$$

$$\mu_q = 3,8 \cdot 10^{-2}$$

Նկ. 5. Շփման գործակցի կախվածությունը բեռնվածությունից.

$Fe+1\%Cr+1,5\%Ni+3\%Cu+1\%C+3\%MoS_2+25\%$ պողպատ 40^* բաղադրությամբ ամրանավորված անձակոտկեն նմուշի դեպքում AutoCad ծրագրով Կունսի մակերևույթի տարածական գրաֆիկական մոդելի վրա



ա) կետ

$$x_w = 18,7$$

$$P_w = 18,7 \text{ ՄՊա}$$

$$y_w = 3,1$$

$$V_w = 3,1 \text{ մ/լ}$$

$$z_w = 3,6$$

$$I_w = 3,6 \cdot 10^{-2}$$

բ) կետ

$$x_p = 31,7$$

$$P_p = 31,7 \text{ ՄՊա}$$

$$y_p = 1,1$$

$$V_p = 1,1 \text{ մ/լ}$$

$$z_p = 3,4$$

$$I_p = 3,4 \cdot 10^{-2}$$

գ) կետ

$$x_q = 14,3 \quad P_q = 14,3 \text{ ՄՊա}$$

$$y_q = 1,6$$

$$V_q = 1,6 \text{ մ/լ}$$

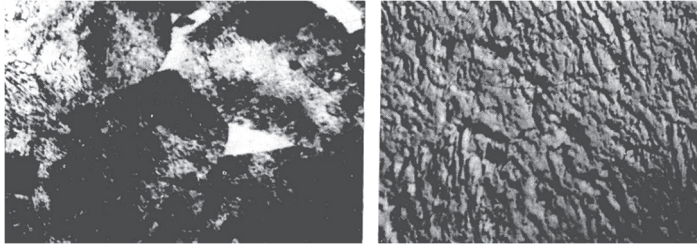
$$z_q = 2,8$$

$$I_q = 2,8 \cdot 10^{-2}$$

Նկ. 6. Շփման գործակցի կախվածությունը բեռնվածությունից.

$Fe+1\%Cr+1,5\%Ni+3\%Cu+1\%C+3\%MoS_2+25\%$ պողպատ 40^* բաղադրությամբ ամրանավորված անձակոտկեն նմուշի դեպքում AutoCad ծրագրով Կունսի մակերևույթի տարածական գրաֆիկական մոդելի վրա

* պողպատ 40 - ամրանավորող ֆազ



ա)

բ)

Նկ .7. Fe-Cr-Cu-C ($C=0,5\%$) բաղադրությամբ արտանդված նյութի միկրոկառուցվածքը.
($t_{արտ}=1100^{\circ}C$; $\lambda=4$). (ա - $\times 500$); (բ - $\times 12000$)

Եզրակացություն. Cr, Mo, Ni միաժամանակ լեգիրումը ոչ միայն բարձրացնում է կոմպոզիտային նյութի մեխանիկական հատկությունները, այլև նկատվում է նորմալ մաշման տիրույթի կտրուկ ընդարձակում: Այս տվյալները հաստատում են Cr, Mo-ի դրական ազդեցությունը պողպատների հակաշփական հատկությունների, հատկապես մաշման վրա, հետևաբար՝ դրանք կարելի է երաշխավորել որպես լեգիրող տարր երկաթի հիմքով հակաշփական հատկություններով օժտված կոմպոզիտային նյութերի ստացման համար: Ունենալով AutoCad-2010 միջավայրում եռաչափ գրաֆիկական մոդելը՝ որոշվել են ամրանավորված նյութի աշխատանքային պայմաններում շփման պարամետրերի օպտիմալ տարբերակները:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Радомысельский И.Д.** Металлокерамические конструкционные детали // Порошковая металлургия.-Киев, 2002.-N 9/10. - С. 105-117.
2. Разработка технологии получения композиционных материалов на основе Fe-Mo-Cu/ **Ш.Э. Саркисян, А.С. Петросян, Э.Г. Амбарцумян и др.** // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН. – 2004. -Т. 57, N5.-С. 393-399.
3. **Պետրոսյան Հ.Ս., Թումանյան Գ.Հ., Համբարձումյան Է.Գ.** Ֆերոմոլիբդենի հիմքով ստացված փոշեկոմպոզիցիոն նյութերի հակաշփական հատկությունները և կառուցվածքային վերլուծությունը // ՀԳԱԱ և ՀՊՃՀ Տեղեկագիր. Տեխն. գիտ սերիա. - 2006.-Հ.59, N1. - էջ 53-60:
4. Металлокерамические износостойчивые конструкционные материалы на основе Fe-Cr/ **А.С. Петросян, А.С. Симонян и др.** //Материалы 11-й Международной технической конференции. – Т.1. –СПб., 2009.- С. 43-48.
5. **Սողոմոնյան Վ.Հ.** Գրաֆիկական մոդելավորում AutoCad 2002 միջավայրում: Ուսումնական ձեռնարկ.- Երևան; ՀՊՃՀ, 2002.- 91 էջ:
6. Структурообразование и механические свойства многокомпонентных порошковых композиционных материалов на основе Fe-Cr/ **А.С. Петросян, Ж.К. Гукасян и др.** // Научные труды ЗАО “Лернаметаллургии институт”. - Ереван, 2006-2007.- С.125-129.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 18.01.2018:

А.С. ПЕТРОСЯН, Э.Г. АМБАРЦУМЯН, Л.З. ГАЛСТЯН
ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ АРМИРОВАННЫХ
ПОРОШКОВЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ФЕРРОХРОМА

Разработана технология получения порошковых композиционных материалов на основе матрицы Fe-Cr антифрикционного назначения. На основе растворного Fe[Ni], Fe[Mo] механизма путем добавления металлических дискретных проволок марки Сталь 40 и твердых смазок (C, MoS₂) получены порошковые композиционные армированные материалы антифрикционного назначения ($\mu=0,030$, $I=0,033$ з/км), работающие в условиях сухого трения. Показаны механические и триботехнические свойства и дан микроструктурный анализ композиционных антифрикционных материалов. В среде AutoCAD 2010 с помощью трехмерной модели определены оптимальные параметры для рабочих условий. Максимальный диапазон моделей и исходных результатов испытаний не превышает 14%.

Ключевые слова: экструзия, композиционный материал, механические и антифрикционные свойства, микроструктурный анализ.

H.S. PETROSYAN, E.G. AMBARZUMYAN, L.Z. GALSTYAN
INVESTIGATING THE WEAR RESISTANCE OF POWDER ALLOYS BASED ON
FERRO-CHROME

A technology for obtaining powder composite materials based on the antifriction-purpose matrix Fe-Cr is developed. Based on the solution Fe[Ni], Fe[Mo] mechanism, by adding metallic discrete wires of the steel type 40 and solid lubricants (C, MoS₂), anifriction-purpose powder composite materials ($\mu=0,030$ l $I=0,033$ gr/km), operating in dry friction conditions are obtained. Mechanical, tribotechnical propperties and microostructural analysis of composite antifriction materials are shown. The optimal parameters for working conditions are determined in the AutoCAD 2010 environment by means of a three-dimensional model. The maximum range of the models, and the main results of experiments are not more than 14%.

Keywords: extrusion, composite materials, mechanical and antifriction propperties, microstructure analysis.