

Ս.Գ. ԱՂԲԱԼՅԱՆ, Վ.Գ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Տ.Ն. ՍԱՖԱՐՅԱՆ, Դ.Գ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

**ԱԼՅՈՒՄԻՆԱՅԻՆ ՀԱԿԱՇՓԱԿԱՆ ՓՈՇԵՀԱՄԱՍՁՈՒԼ ՎԱԾՔՆԵՐԻ
ՍՏԱՑՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ ԵՎ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԻ ՈՒ
ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ**

Մշակվել է սահմանային և չոր շփման պայմաններում աշխատող, բարձր տեսակարար ամրությամբ, մաշակայուն ու փոքր շփման գործակցով, ալյումինային հակաշփական փոշեհամաձուլվածքների ստացման տեխնոլոգիա, որը ներառում է փոշենյութերի մամլման, ռաֆինացման, եռակալման, տաք արտամղման, թրման, մեխանիկական մշակման, միման և ծերացման գործընթացները: Հետազոտվել է կառուցվածքի ու հատկությունների ձևավորման գործընթացը տաք արտամղման և ջերմային մշակման ժամանակ: Փոշեհամաձուլվածքի մեխանիկական հատկություններն են՝ $\sigma_{\theta}=240...245$ ՄՊա, $HB=700...710$ ՄՊա, $\delta=1,5...2,5\%$, իսկ շփման պարամետրերը չոր շփման համար՝ $P \leq 5$ կգ, $V \leq 1,2$ մ/վ, որի դեպքում $f=0,075...0,97$, $I=2,8...4,3$ մկմ/կմ, սահմանային շփման համար՝ $P \leq 12$ կգ, $V \leq 1,2$ մ/վ (500 պտ/րոպե), որի դեպքում $f=0,08$, $I \leq 7$ մկմ/կմ և $P \leq 11$ կգ, $V=2,4$ մ/վ (1000 պտ/րոպե), որի դեպքում $f \leq 0,075$, $I \leq 7,0$ մկմ/կմ: Ցույց է տրված, որ թաղանթի կառուցվածքը մետաղական օքսիդների և սուլֆիդների միացություն է, որի հիմքը կազմում է MoS_2 -ը:

Առանցքային բառեր. ալյումինային փոշեհամաձուլվածք, մայրակ, լեգիրում, բովախառնուրդ, մամլվածք, տաք արտամղում, միման, ծերացում, սահմանային շփում, չոր շփում, մաշում:

Ներածություն. Ժամանակակից տեխնիկայի զարգացումն անհանար է պատկերացնել առանց նոր տեխնոլոգիաների մշակման և համալիր հատկություններով օժտված նյութերի ստեղծման, ինչպիսիք են, օրինակ, բարձր տեսակարար ամրությամբ հակաշփական նյութերը, որոնք, կախված աշխատանքային պայմաններից, պետք է ունենան լավ մշակվելիություն, կոռոզիակայունություն, փոքր շփման գործակից, բարձր տեսակարար ամրություն և մաշակայունություն, բարձր ջերմահաղորդականություն և հարվածային մածուցիկություն [1-5]: Այս պահանջները բավարարում են ալյումինային համաձուլվածքները, սակայն դրանք արդյունաբերական կիրառություն չեն ստացել, քանի որ ունեն բարձր ադիեզիոն հատկություն, իսկ տեսակարար ամրությամբ, կոռոզիակայունությամբ և մի շարք այլ արժեքավոր հատկություններով զգալիորեն գերազանցում են Cu-ի, Fe-ի, Ni-ի և այլ մետաղների համաձուլվածքներին: Ի սկզբանե եռակալված հակաշփական փոշենյութերը համարվում են այնպիսի ավանդական նյութերի փոխարինողներ, ինչպիսիք են բաբիտները և արույրները [6]: Ներկայումս խնդիր է դրված առանց-

քակալների զանգվածային արտադրությունը գունավոր մետաղներից փոխարինել ավելի քիչ դեֆիցիտ նյութերով, որոնք ունակ կլինեն աշխատել մեծ արագությունների և բարձր բեռնվածությունների պայմաններում: Հատկապես ինքնաթիռաշինությունում և մեքենաշինությունում կարևոր խնդիր է համարվում այնպիսի նյութերի ստեղծումը, որոնք կարող են աշխատել շփման հանգույցներում՝ առանց հեղուկ քսուկների: Այդպիսի նյութերի պահանջարկն առկա է նաև սննդի, տեքստիլ և թղթի արտադրություններում: Այդ իսկ պատճառով այլումինի հիմքով հակաշփական փոշեհամաձուլվածքների ստեղծումը և կառուցվածքի ու հատկությունների հետազոտումը խիստ արդիական ու հրատապ խնդիրներ են:

Ելնելով վերոհիշյալից՝ աշխատանքի նպատակն է մշակել սահմանային և չոր շփման պայմաններում աշխատող, բարձր տեսակարար ամրությամբ, մաշակայուն ու փոքր շփման գործակցով այլումինային հակաշփական փոշեհամաձուլվածքների ստացման տեխնոլոգիա և հետազոտել դրանց կառուցվածքի ու հատկությունների ձևավորման գործընթացը:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը. Շփագիտական նյութագիտության ոլորտում կատարված տեսական վերլուծությունների հիման վրա որոշվել է հակաշփական նյութերի բաղադրության և կառուցվածքի միջև եղած կապը [7, 8]: Ցույց է տրված, որ դասական նյութագիտության և շփման ֆիզիկայի, ինչպես նաև մաշակայունության բարձրացման և ինքնայուղման մեխանիզմի արդյունավետ իրագործման տեսանկյունից առավել հեռանկարային են միկրոհետերոգեն կառուցվածքով նյութերը, որոնք կարող են էականորեն բարձրացնել նյութերի հատկությունները՝ դրանց մաշակայունության և հակաշփական հատկությունների տեսանկյունից:

Այլումինի հիմքով երկկոմպոնենտ և եռակոմպոնենտ համակարգերի վիճակի դիագրամների վերլուծության արդյունքում հիմնավորվել է այլումինային համաձուլվածքների ստացման փոշեմետալուրգիական եղանակը, ընդ որում, բարձր հատկությունների ապահովումը նպատակահարմար է իրականացնել 20...25% ծակոտկենությամբ մամլվածքների տաք արտամղմամբ, որն ապահովում է ոչ միայն անծակոտկեն կառուցվածքի ստացումը, այլև նպաստում է այլումինում լեգիրող տարրերի լուծվելիության մեծացմանը: Արդյունքում՝ հակաշփական այլումինային փոշեհամաձուլվածքների ստացման համար ընտրվել է հետևյալ կոմպոզիցիան՝ Al – Cu – Cr – Mg – MoS₂: Որպես մայրակի նյութ ընտրվել է АПС-4 մակնիշի այլումինի փոշին, իսկ որպես լեգիրող տարրեր՝ ПМС-1 մակնիշի պղնձի փոշին և ПХ-1 մակնիշի քրոմի փոշին: Որպես այլումինի փոշու վերականգնիչ ընտրվել է МГ-90 մակնիշի Mg-ի փոշին, իսկ որպես պինդ քսանյութ՝ մոլիբդենի դիսուլֆիդը՝ MoS₂-ը [9]:

Շփման փորձարկումներն իրականացվել են CMI-2 մակնիշի շփման մեքենայի վրա չոր և սահմանային շփման պայմաններում՝ անշարժ կոճղակ-պտտվող հոլովակ սխեմայով: Որպես անշարժ կոճղակ օգտագործվել են ստացված համաձուլվածքից պատրաստված գլանաձև նմուշներ, իսկ որպես հակամարմին՝ պողպատ 45-ից պատրաստված և ջերմամշակված հոլովակը (HRC 55): Փորձարկվող նմուշները ենթարկվել են հարմարաբերման 1...2 ժամվա ընթացքում: Հարմարաբերման ավարտ են հանդիսացել շփման մոմենտի նվազեցումը և հետագա կայունացումը:

Հետազոտության արդյունքները. Կատարվել է տաք արտամղմամբ ալյումինային հակաշփական փոշեհամաձուլվածքների կառուցվածքագոյացման գործընթացի հետազոտում և հատկությունների ուսումնասիրում: Հետազոտվել է 4%Cu+1,8%Mg+1,2%Cr+4,5%MoS₂+Al₁₅ բաղադրությամբ ալյումինային հակաշփական փոշեհամաձուլվածքի բովանդակության մասնականությունը: Արդյունքում՝ ընտրվել է մամլման համար օպտիմալ ճնշում ($P_{տ}=180...220 \text{ ՄՊա}$), որի դեպքում մամլվածքի ծակոտկենությունը տատանվում է 20...25%: Մամլվածքները ենթարկվել են տաք արտամղման և ջերմային մշակման, որոնց օպտիմալ ռեժիմների բացահայտման նպատակով իրականացվել է փորձի մաթեմատիկական մոդելավորում: Որպես փոփոխականներ ընտրվել են տաք արտամղման գործակիցը (λ), միման ջերմաստիճանը ($t_{մ}, ^\circ\text{C}$), միսման ժամանակ պահման տևողությունը ($\tau_{մ}, \text{րոպե}$), ծերացման ջերմաստիճանը ($t_{ծ}, ^\circ\text{C}$) և ծերացման ժամանակ պահման տևողությունը ($\tau_{ծ}, \text{ժ-ամ}$), իսկ որպես ելքային պարամետրեր վերցվել են փոշեհամաձուլվածքի մեխանիկական հատկությունները՝ ժամանակավոր դիմադրության սահմանը ($\sigma_{ծ}, \text{ՄՊա}$), հարաբերական երկարացումը (δ) և կարծրությունը (HB, ՄՊա): Փորձերի պլանավորման համար կիրառվել է առաջին կարգի լրիվ գործոնների փորձարկումների մեթոդը՝ երկչափ փոփոխման գործոններով: Յուրյց է տրված, որ արտամղման գործակցի մեծացմամբ հարաբերական երկարացումը նշանակալիորեն մեծանում է՝ $\delta = 8,5\%$ -ից ($\lambda = 3$ -ի դեպքում) մինչև $\delta = 15\%$ ($\lambda = 5$ դեպքում): Չնչին չափով բարձրանում է նաև ամրության սահմանը՝ $\sigma_{ծ} = 272,0 \text{ ՄՊա}$ -ից մինչև $\sigma_{ծ} = 286 \text{ ՄՊա}$, և համարյա չի փոփոխվում կարծրությունը՝ HB = 1020 ՄՊա-ից մինչև HB = 1030 ՄՊա: Մեխանիկական հատկությունների վրա արտամղման գործակցի դրական ազդեցությունը բացատրվում է նախապատրաստվածքի խտության մեծացումով մինչև անծակոտկեն վիճակը՝ մանրահատիկ կառուցվածքի և գերհագեցած պինդ լուծույթների ստացումով (նկ. 1):

Միսման ջերմաստիճանի բարձրացումով՝ $t_{մ} = 450 \text{ }^\circ\text{C}$ մինչև $t_{մ} = 550 \text{ }^\circ\text{C}$ տեղի է ունենում հարաբերական երկարացման կտրուկ իջեցում՝ $\delta = 15\%$ -ից մինչև $\delta = 4\%$, ամրության սահմանը նույնպես նվազում է՝ $\sigma_{ծ} = 286 \text{ ՄՊա}$ -ից մինչև $\sigma_{ծ} = 160 \text{ ՄՊա}$, իսկ կարծրությունը աճում՝ HB = 1020 ՄՊա-ից մինչև HB = 1040 ՄՊա (նկ. 1): $\sigma_{ծ}$ -ի

և ծ-ի նշանակալի նվազեցումը 550°C ջերմաստիճանից միմյան ժամանակ բացատրվում է հատիկների կոագուլացման գործընթացով և խոշորահատիկ կառուցվածքի ստացումով:

Միմյան ժամանակ պահման տևողության մեծացումը 15-ից մինչև 60 րոպե առաջ է բերում հարաբերական երկարացման նշանակալի աճ՝ $\delta = 3,5\%$ -ից մինչև $\delta = 15\%$: Ամրության սահմանը $\sigma_d = 177$ ՄՊա-ից աճում է մինչև $\sigma_d = 286$ ՄՊա, իսկ կարծրությունը՝ $\text{HB} = 1010$ ՄՊա-ից մինչև $\text{HB} = 1030$ ՄՊա (նկ. 1): Միմյան ժամանակ պահման տևողության երկարացումը մեծացնում է պինդ լուծույթի գերհագեցման աստիճանը, որը նպաստում է ծերացման ժամանակ դիսպերս կառուցվածքի ստացմանը, ինչը դրական է ազդում մեխանիկական հատկությունների ցուցանիշների վրա:

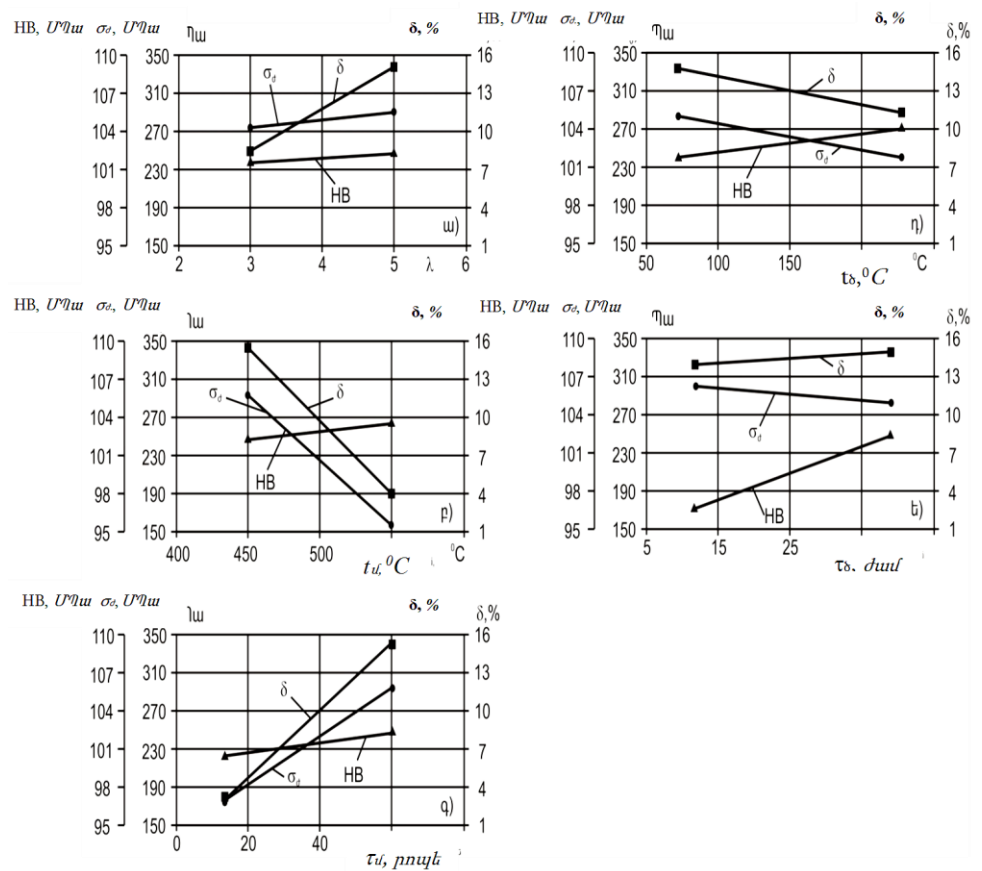
Ծերացման ջերմաստիճանի աճը 75°C -ից մինչև 225°C , առաջ է բերում հարաբերական երկարացման չնչին նվազում՝ $\delta = 15\%$ -ից մինչև $\delta = 11\%$: Ամրության սահմանը նույնպես նվազում է՝ $\sigma_d = 286$ ՄՊա-ից մինչև $\sigma_d = 126$ ՄՊա, իսկ կարծրությունը սկսում է աճել $\text{HB} = 1038$ ՄՊա-ից մինչև $\text{HB} = 1045$ ՄՊա (նկ. 1): σ_d և δ ցուցանիշների նվազումը ծերացման ջերմաստիճանի բարձրացմամբ մինչև 225°C բացատրվում է ինտերմետաղական ֆազերի խոշորացման գործընթացով և սրանց դիսպերսության նվազումով, ինչը գործնականորեն չի ազդում կարծրության ցուցանիշի վրա:

Ծերացման ժամանակ պահման տևողության երկարացումը 10-ից մինչև 40 ժամ առաջ է բերում հարաբերական երկարացման չնչին բարձրացում $\delta = 12,0\%$ -ից մինչև $\delta = 15\%$, ամրության սահմանի աննշան նվազում՝ $\sigma_d = 300$ ՄՊա-ից մինչև $\sigma_d = 286$ ՄՊա և կարծրության աճ՝ $\text{HB} = 970$ ՄՊա-ից մինչև $\text{HB} = 1040$ ՄՊա (նկ. 1):

Էլենիով վերոհիշյալից՝ $4,0\%\text{Cu} + 1,8\%\text{Mg} + 1,2\%\text{Cr} + \text{Al}$ մ. բաղադրությամբ ալյու-մինային փոշեհամաձուլվածքի տաք արտամղման և ջերմային մշակման համար ընտրվել են հետևյալ լավարկված ռեժիմները. արտամղման գործակիցը՝ $\lambda = 4 \dots 5$, միմյան ջերմաստիճանը՝ $t_d = 500 \dots 525^{\circ}\text{C}$, միմյան ժամանակ պահման տևողությունը՝ $\tau_d = 40 \dots 45$ րոպե, ծերացման ջերմաստիճանը՝ $t_s = 200 \dots 225^{\circ}\text{C}$ և ծերացման ժամանակ պահման տևողությունը՝ $\tau_s = 30 \dots 35$ ժամ, որոնց դեպքում ստացվում են հետևյալ մեխանիկական հատկությունները՝ $\sigma_d = 250 \dots 300$ ՄՊա, $\delta = 11 \dots 13\%$, $\text{HB} = 700 \dots 715$ ՄՊա:

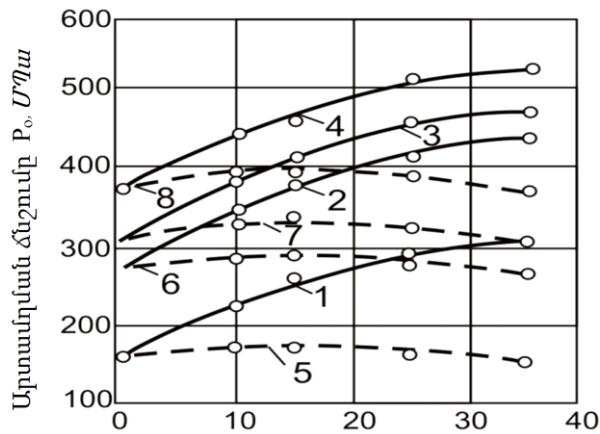
Արտամղման ճնշման կախվածությունը նախապատրաստվածքի ծակոտկենությունից և արտամղման գործակցից հետազոտվել է եռակալված և չեռակալված նախապատրաստվածքների վրա (նկ. 2 և 3), համաձայն որի՝ միևնույն արտամղման գործակիցների դեպքում չեռակալված նախապատրաստվածքի ծակոտկենության մեծացումը (1, 2, 3, 4 կորերը) նպաստում է արտամղման ճնշման մեծացմանը: Ծակոտկենության բոլոր արժեքների դեպքում ($\theta_0 = 25 \dots 35\%$) $\lambda = 5 \dots 6$

արտամղման գործակցով արտամղելիս չեռակալված նախապատրաստվածքի P₀-ն մնում է գրեթե հաստատուն և ձուլված համաձուլվածքի հետ համեմատած՝ աճում է 21...30%-ով: Դա բացատրվում է նրանով, որ ծակոտկենությունը մեծացնելիս փոքրանում է մետաղական կոնտակտների թիվը, իսկ այդ կոնտակտների մակերևույթի մակերեսը, հատիկների միջև արգելք հանդիսանալով, վատացնում է նյութի մածուցիկ-պլաստիկ հոսքը:



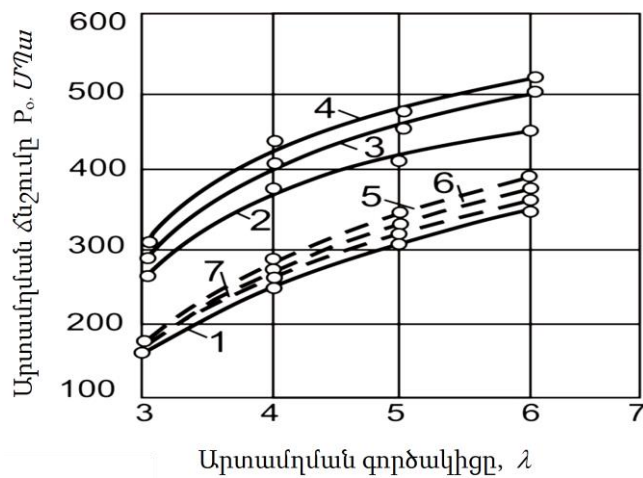
Նկ. 1. 4,0%Cu+1,8%Mg+1,2%Cr++Al₉₀ ալյումինային փռչեհամաձուլվածքների մեխանիկական հատկությունների կախվածությունը արտամղման և ջերմամշակման ռեժիմներից.

ա) արտամղման գործակցից (λ), բ) միջման ջերմաստիճանից (t_մ), գ) միջման ժամանակ պահման տևողությունից (τ_մ), դ) ձերացման ջերմաստիճանից (t_ձ), ե) ձերացման ժամանակ պահման տևողությունից (τ_ձ)



Նախապատրաստվածքի ծակոտկենությունը θ_0 , %

Նկ. 2. Արտամղման ճնշման կախվածությունը (կայունացման տիրույթում) նախապատրաստվածքի նախնական ծակոտկենությունից ($T_w = 525^\circ\text{C}$, $\tau_w = 30$ րոպե, միջավայրը՝ H_2). 1-4 – չեռակալված, 5-8 – եռակալված ջրածնի միջավայրում ($T_w = 525^\circ\text{C}$, $\tau_w = 2$ ժամ), 1 և 5 – $\lambda = 3$, 2 և 6 – $\lambda = 4$



Արտամղման գործակիցը, λ

Նկ. 3. Արտամղման ճնշման կախվածությունը (կայունացման տիրույթում) արտամղման գործակցից ($T_w = 525^\circ\text{C}$, $\tau_w = 30$ րոպե, տաքացման միջավայրը՝ H_2). 1 – ստացվել է ձուլմամբ, 2-4 – չեռակալված, 5-7 – եռակալված ջրածնի միջավայրում ($T_w = 525^\circ\text{C}$, $\tau_w = 2$ ժ), 1 – $\theta = 0\%$, 2 և 5 – $\theta = 15\%$, 3 և 6 – $\theta = 25\%$, 4 և 7 – $\theta = 35\%$

Եռակալված նախապատրաստվածքի ծակոտկենության մեծացմամբ P_o -ն սկզբում աճում է (մինչև $\theta = 15\ldots 20\%$), իսկ հետո՝ նվազում: Այսպես, արտամղման ժամանակ ($T_w = 525^\circ\text{C}$, $\lambda = 6$) ձուլված ($\theta = 0$) և եռակալված փոշեհամաձուլվածքի ($\theta = 15\%$) P_o -ն համապատասխանաբար հավասար է 350 և 380 $U^0.75$, այսինքն՝ արտամղման

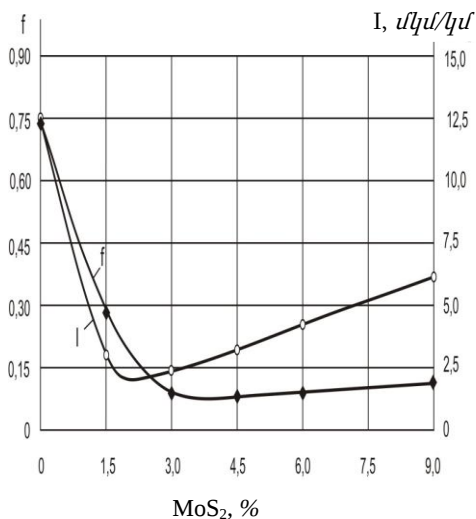
Ճնշումն աճում է 8,5%-ով: Նմանատիպ օրինաչափություն է նկատվում նաև λ գործակցի փոփոխության ժամանակ (նկ. 2):

Սև և գունավոր մետաղների տաք արտամղման հավասարակշռության պայմանից էլնելով՝ որոշվել է արտամղման գործակցի այն ամենափոքր արժեքը ($\lambda=4$), որից բարձրի դեպքում ստացվում է անծակոտկեն կառուցվածք [10, 11]:

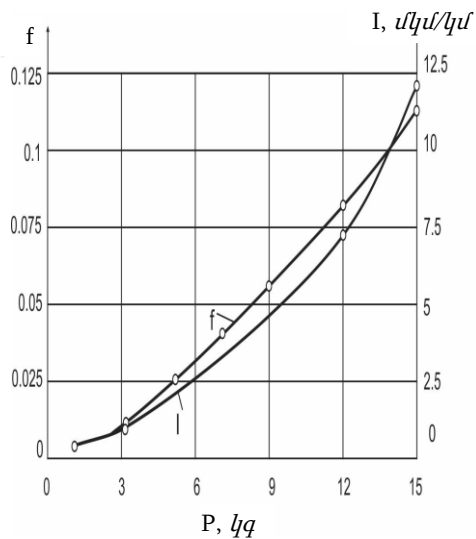
Ուսումնասիրվել են երկֆազ և եռաֆազ հակաշփական նյութերի կառուցվածքագոյացման սկզբունքները և շփման գործընթացի ժամանակ երկրորդային կառուցվածքի առաջացման մեխանիզմը [12], համաձայն որի՝ շփման մակերևույթի վրա երկրորդային կառուցվածքի առաջացումով շփման գործակիցը նվազում է, իսկ կայուն թաղանթի առաջացումով՝ կայունանում: Ցույց է տրված, որ մակերևութային թաղանթների առաջացման մեխանիզմը պայմանավորված է ինչպես հակաշփական նյութերի քիմիական բաղադրությամբ ու ֆազային կազմով, այնպես էլ արտաքին գործոններով, հատկապես ճնշումով և արագությամբ:

Կատարված հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ շփման գործակցի նվազագույն արժեքները համապատասխանում են 4...5% MoS₂ պարունակությամբ, որի դեպքում փոշեհամաձուլվածքն օժտված է հետևյալ մեխանիկական հատկություններով՝ $\sigma_{\delta}=240...245$ ՄՊա, HB=700...710 ՄՊա, $\delta=1,5...2,5\%$: MoS₂-ի պարունակության մեծացմանը զուգընթաց նկատվում է շփման գործակցի կայունացում, սակայն տեղի է ունենում մաշվածքի աճ, ինչը կարելի է բացատրել նյութի ամրության և կարծրության փոքրացմամբ: Արտաքին բեռնվածքի և արագության աճը մինչև որոշակի արժեքներ նպաստում են շփման գործակցի նվազմանը: Դա բացատրվում է նրանով, որ ճնշման աճին և, հետևաբար, մակերևույթի ջերմաստիճանի բարձրացմանը զուգընթաց սկսում են հեռանալ մակերևույթում աղսորբված գազերն ու խոնավությունը, և հեշտանում է երկրորդային թաղանթի առաջացումը: Ճնշման և սահքի արագության հետագա աճը հանգեցնում է շփման գործակցի և մաշվածքի մեծացմանը, ինչը պայմանավորված է երկրորդային թաղանթի դանդաղ քայքայմամբ: Կատարված հետազոտություններից երևում է (նկ. 4, 5), որ 4...5% MoS₂ պարունակության դեպքում, չոր շփման պայմաններում, $P=5$ կգ բեռնվածության և $V=1,2$ մ/վ սահքի արագության դեպքում փոշեհամաձուլվածքն օժտված է հետևյալ հատկություններով՝ $f=0,075...0,97$, $I=2,8...4,3$ մկմ/կմ, իսկ սահմանային շփման պայմաններում՝ նույն շփման գործակցի, մաշվածության և սահքի արագության դեպքում՝ $P=12$ կգ:

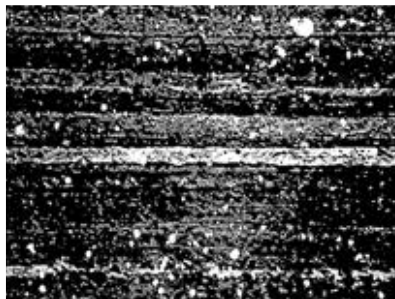
Փոշեհամաձուլվածքի շփման մակերևույթի մակրոկառուցվածքը բերված է նկ. 6-ում ($\times 50$)՝ $P=5$ կգ, $V=1,2$ մ/վ (500 պտ/րոպե):



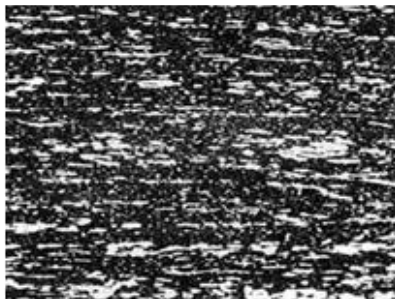
Նկ. 4. 4%Cu+1,8%Mg+1,2%Cr+Al_մ պարունակող ալյումինային փոշեհամաձուլվածքի շփման գործակցի և մաշվածքի կախվածությունը MoS₂-ի պարունակությունից՝ P=5 կգ, V=1,2 մ/վ, չոր շփում



Նկ. 5. Cu+1,8%Mg+1,2%Cr+4,5%MoS₂+Al_մ բաղադրությամբ ալյումինային հակաշփական փոշեհամաձուլվածքի շփման գործակցի ու մաշվածքի կախվածությունը բեռնվածքից (V=1,2 մ/վ), սահմանային շփում



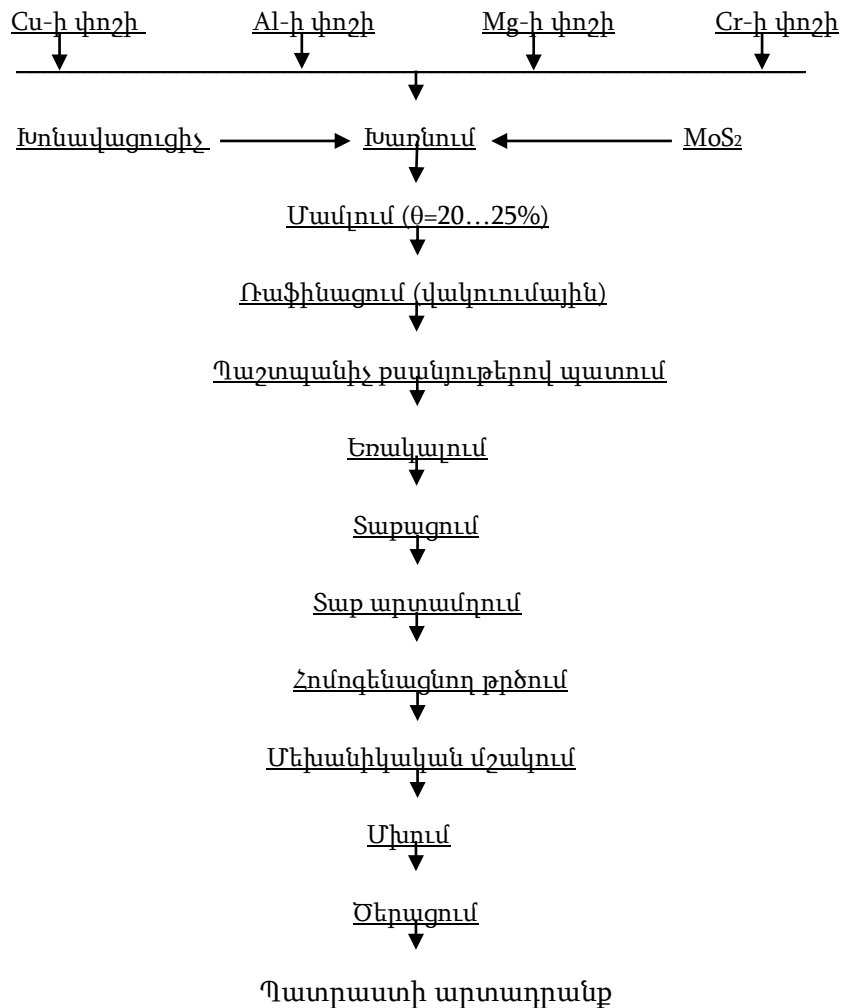
ա)



բ)

Նկ. 6. 4%Cu+1,8%Mg+1,2%Cr+4,5%MoS₂+Al_մ ալյումինային հակաշփական փոշեհամաձուլվածքի շփման մակերևույթի մակրոկառուցվածքը (x50)՝ P=5 կգ, V=1,2 մ/վ (500 պտ/րոպե), ա - չոր շփում, բ - սահմանային շփում

Մշակվել է 4%Cu+1,8%Mg+1,2%Cr+4,5%MoS₂+Al_մ բաղադրությամբ սահմանային և չոր շփման պայմաններում աշխատող, բարձր տեսակարար ամրությամբ, մաշակայուն ու փոքր շփման գործակցով, ալյումինային հակաշփական փոշեհամաձուլվածքների ստացման տեխնոլոգիա (նկ. 7), որը ներառում է փոշենյութերի մամլման, ռաֆինացման, եռակալման, տաք արտամղման, թրծման, մեխանիկական մշակման, միման և ծերացման գործընթացները:



Նկ. 7. Al – Cu – Cr – Mg – MoS₂ փոշեհամաձուլվածքի և դրանից նախապատրաստվածքների ստացման տեխնոլոգիան

Եզրակացություն. Համալիր հետազոտությունների արդյունքում ընտրվել են 4%Cu+1,8%Mg+1,2%Cr+4,5%MoS₂+Al_մ բաղադրությամբ հակաշփական ալյումինային փոշեհամաձուլվածքի տաք արտամղման և ջերմային մշակման լավարկված ռեժիմները. արտամղման գործակիցը՝ $\lambda=4...5$, միսման ջերմաստիճանը՝ $t_{միս}=500...525\text{ }^{\circ}\text{C}$, միսման ժամանակ պահման տևողությունը՝ $\tau_{միս}=40...45\text{ րոպե}$, ծերացման ջերմաստիճանը՝ $t_{\delta}=200...225\text{ }^{\circ}\text{C}$ և ծերացման ժամանակ պահման տևողությունը՝ $\tau_{\delta}=30...35\text{ ժամ}$, որոնց դեպքում ստացվում են հետևյալ մեխանիկական և տեխնոլոգիական հատկությունները՝ $\sigma_{\delta}=250...300\text{ ՄՊա}$, $\delta=11...13\%$ և $HB=1000...1050\text{ ՄՊա}$, շփման պարամետրերը. չոր շփման համար՝ $P\leq 5\text{ կգ}$, $V\leq 1,2\text{ մ/վ}$,

որի դեպքում $f=0,075\dots 0,97$, $I=2,8\dots 4,3$ մկմ/կմ, սահմանային շփման համար՝ $P\leq 12$ կգ, $V\leq 1,2$ մ/վ (500 պտ/րոպե), որի դեպքում $f=0,08$, $I\leq 7$ մկմ/կմ և $P\leq 11$ կգ, $V=2,4$ մ/վ, (1000 պտ/րոպե), որի դեպքում $f\leq 0,075$, $I\leq 7,0$ մկմ/կմ: Ցույց է տրված, որ թաղանթի կառուցվածքը մետաղական օքսիդների և սուլֆիդների միացությունն է, որի հիմքը կազմում է MoS_2 -ը:

Մետաղագրական վերլուծության արդյունքում ցույց է տրված, որ տաք արտամղումից հետո փոշեհամաձուլվածքի կառուցվածքն չհավասարակշռված է, իսկ հատիկները՝ դեֆորմացված, ընդ որում, հատիկների դեֆորմացման աստիճանը կախված է արտամղման գործակցից. որքան մեծ է արտամղման գործակիցը, այնքան մեծ է դեֆորմացման աստիճանը: Ցույց է տրված նաև, որ $\lambda\geq 4$ -ի դեպքում ստացվում է գործնականորեն անծակոտկեն կառուցվածք: Թրծումից հետո կառուցվածքը ստացվում է հավասարակշռված, միաժամանակ հատիկների սահմանագծերում անջատվում են ինտերմետաղական ֆազեր ($CuAl_2$, Al_2CuMg , $AlCr$ և Al_6CuCr), որոնք կայուն են ու չեն լուծվում մայրակում միմյան ժամանակ և բարձր ջերմաստիճաններից սկսած՝ ապահովում են միմյան ընթացքում մանրահատիկ կառուցվածքի ստացումը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Костецкий Б.Н.** Трение, смазка и износ в машинах.- Киев: Техника, 1970.- 315 с.
2. Основы трибологии / **А.В. Чичинадзе, Э.Д. Браун, Н.А. Буше и др.**- М.: Машиностроение, 2001.- 664 с,
3. **Мышкин Н.К., Петроковец М.И.** Трение, смазка, износ. Физические основы и технические приложения трибологии.- М.: Физматлит, 2007.- 368 с.
4. **Крагельский И.В.** Некоторые задачи науки о трении // Проблема трения и изнашивания.- 1971.- Вып. 1.- С. 11-16.
5. **Крагельский И.В., Щедров В.С.** Развитие науки о трении.- М.: Изд-во АН СССР, 1956.- 235 с.
6. **Федорченко И.М., Пугина Л.И.** Композиционные спеченные антифрикционные материалы.- Киев: Наукова думка, 1980.- 403 с.
7. **Աղբալյան Ս.Գ., Պետրոսյան Ա.Ա. Վարդանյան Վ.Գ.** Ալյումինային հակաշփական փոշեհամաձուլվածքների կառուցվածքագոյացման սկզբունքները // ՀՀ ԳԱԱ և ՀԱՊՀ տեղեկագիր. ՏԳ սերիա.- 2015.- Հատ. LXVIII, N 2.- էջ 138-148:
8. **Աղբալյան Ս.Գ., Պետրոսյան Ա.Ա. Վարդանյան Վ.Գ.** Ալյումինային հակաշփական փոշեհամաձուլվածքների շփատեխնիկական հատկությունների ապահովման սկզբունքները // ՀՀ ԳԱԱ և ՀԱՊՀ տեղեկագիր. ՏԳ սերիա.- 2015.- Հատ. LXVIII, N 3.- էջ 299-308:
9. **Сентюрихина Л.Н., Опарина Е.М.** Твердые дисульфидомолибденовые смазки.- М.: Химия, 1966.- 152 с.
10. **Манукян Н.В.** Технология порошковой металлургии.- Ереван: Айастан, 1986.- 232 с.

11. **Агбальян С.Г.** Теоретические и технологические основы формирования структуры и свойств порошковых материалов при экструзии: Автореф. дис. ... докт. техн. наук.-Ереван, 1992.- 33 с.
12. **Աղբալյան Ս.Գ., Պետրոսյան Ա.Ա., Վարդանյան Վ.Գ.** Այլումինային հակաշփական փոշեհամաձուլվածքներում շփման և մաշման ժամանակ երկրորդային կառուցվածքի առաջացման մեխանիզմը // ՀՀ ԳԱԱ և ՀԱՊՀ տեղեկագիր. ՏԳ սերիա.- 2015.- Հատ. LXVIII, N 4.- էջ 397-404:

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 26.08.2016:

С.Г. АГБАЛЯН, В.Г. ВАРДАНИЯН, Т.Н. САФАРЯН, Д.Г. ВАРДАНИЯН

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОРОШКОВЫХ СПЛАВОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ

Разработана технология получения алюминиевых антифрикционных порошковых сплавов, работающих в условиях граничного и сухого трения, с высокой удельной прочностью, износостойкостью и низким коэффициентом трения. Технология включает следующие процессы: прессование порошков, рафинирование, спекание, горячая экструзия, отжиг, механическая обработка, закалка и старение. Исследованы процессы образования структуры и свойств сплава во время горячей экструзии и термической обработки. Порошковый сплав имеет следующие механические свойства: $\sigma_b=240...245$ МПа, $HV = 700...710$ МПа, $\delta =1,5...2,5\%$. Фрикционные параметры: для сухого трения – $P \leq 5$ кг, $v \leq 1,2$ м/с (500 об/мин), при котором $f = 0,075...0,97$, $I = 2,8...4,3$ мкм/км; для граничного трения – $P \leq 1,2$ кг, $v \leq 1,2$ м/с (500 об/мин), при котором $f=0,08$, $I \leq 7$ мкм/км, и $P \leq 11$ кг, $v \leq 2,4$ м/с (1000 об/мин), при котором $f = 0,075$, $I = 7$ мкм/км. Структура пленки представляет собой соединение оксидов и сульфидов металлов, основу которого составляет MoS_2 .

Ключевые слова: порошковый алюминиевый сплав, матрица, легирование, шихта, прессование, горячая экструзия, закалка, старение, граничное трение, сухое трение, износ.

S.G. AGHBALYAN, V.G. VARDANYAN, T.N. SAFARYAN, D.G. VARDANYAN

**DEVELOPING A TECHNOLOGY FOR OBTAINING ALUMINUM
ANTIFRICTION POWDER ALLOYS AND INVESTIGATING THEIR
STRUCTURE AND PROPERTIES**

A technology for obtaining aluminum antifriction powder alloys operating at boundary and dry friction with producing a high specific strength, wear resistance and a low coefficient of friction is developed. The developed technology includes the following processes: molding the powders, refining, sintering, hot extrusion, annealing, machining, hardening and ageing.

The processes of the structure and properties of the alloy at hot extrusion and heat treatment are studied. The powder alloy has the following mechanical properties: $\sigma_B = 240 \dots 245 \text{ MPa}$, $HB = 700 \dots 710 \text{ MPa}$, $\delta = 1,5 \dots 2,5\%$. The friction options are: dry friction $P \leq 5 \text{ kg}$, $v \leq 1,2 \text{ m/sec}$ (500 vol/min) at which $f = 0,075 \dots 0,97$, $I = 2,8 \dots 4,3 \text{ m/km}$; for boundary friction $p \leq 1,2 \text{ kg}$, $v \leq 1,2 \text{ m/sec}$ (500 vol/min) at which $f = 0,08$, $I \leq 7 \text{ mcm}$ and $P \leq 11 \text{ kg}$, $v \leq 2,4 \text{ m/sec}$ (1000 vol/min) at which $f = 0,075$, $I = 7 \text{ mcm}$. The structure of the film is a compound of metal oxides and sulphides, which are based on MoS_2 .

Keywords: aluminum powder alloy, matrix, doping, charge, pressing, hot extrusion, quenching, ageing, boundary friction, dry friction, wear.