

Ս.Գ. ԱՂԲԱԼՅԱՆ, Վ.Գ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

ԱԼՅՈՒՄԻՆԱՅԻՆ ՀԱԿԱՇՓԱԿԱՆ ՓՈՇԵՀԱՄԱՁՈՒԼՎԱԾՔԻ ԵՐԿՐՈՐԴԱՅԻՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՆՐԱ ՀԱԿԱՇՓԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՎՐԱ

Ուսումնասիրվել է 4%Cu+1,8%Mg+1,2%Cr+4,5%MoS₂+Al₂O₃ բաղադրությամբ ալյումին-նալին հակաշփական փոշեհամաձուլվածքի շփման ժամանակ երկրորդային կառուցվածքի առաջացման մեխանիզմը, համաձայն որի թաղանթի առաջացումը պայմանավորված է ինչպես հակաշփական նյութերի քիմիական բաղադրությամբ ու ֆազային կազմով, այնպես էլ արտաքին գործոններով, հատկապես ճնշումով և արագությամբ:

Առանցքային բառեր. ալյումինային փոշեհամաձուլվածք, հակաշփական նյութ, երկրորդային կառուցվածք, թաղանթ, ֆազ, ճնշում, արագություն, շփում, մաշում:

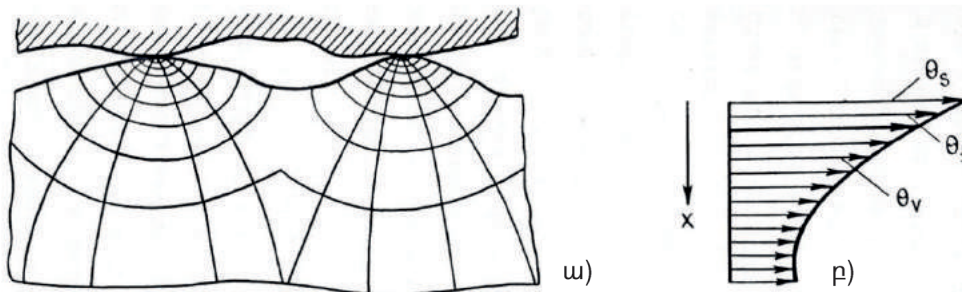
Ներածություն: Ժամանակակից տեխնիկայի զարգացումն անմիջականորեն կապված է նոր տեխնոլոգիաների մշակման և համալիր հատկություններով օժտված նյութերի ստեղծման հետ, ինչպիսին է, օրինակ, բարձր տեսակարար ամրությամբ հակաշփական նյութերի ստեղծումը [1]: Ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ մեքենաների շահագործման լրիվ ցիկլի ընթացքում նրանց շահագործման, պահեստամասերի և վերանորոգման վրա կատարվող ծախսերը մի քանի անգամ գերազանցում են մեքենաների ինքնարժեքը: Շփման հանգույցների երկարակեցության բարձրացման խնդիրը տարեցտարի ավելի ու ավելի է բարդանում, քանի որ գիտության զարգացումն իր հերթին հանգեցնում է նոր տեխնիկայի և տեխնոլոգիաների ստեղծմանն ու աշխատանքային ռեժիմների խստացմանը [2, 3]:

Առանցքակալային նյութերը՝ կախված աշխատանքային պայմաններից, պետք է ունենան լավ մշակվելիություն, կոռոզիակայունություն, փոքր շփման գործակից, բարձր տեսակարար ամրություն և մաշակայունություն, բարձր ջերմահաղորդականություն և հարվածային մածուցիկություն: Նշված հատկությունների վրա մեծ ազդեցություն է գործում երկրորդային կառուցվածքը, որն առաջանում է շփման ժամանակ հարմարաբերման ընթացքում: Այս տեսակետից առաջադրված խնդիրը խիստ արդիական է և հեռանկարային:

Ելնելով վերոհիշյալից, աշխատանքի նպատակն է հետազոտել ալյումինային հակաշփական փոշեհամաձուլվածքի երկրորդային կառուցվածքի ազդեցությունը նրա հակաշփական հատկությունների վրա:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը: Եթե երկու մարմիններ հպված են միմյանց, ապա սկզբնական փուլում մակերևույթների խորդուբորդության պատճառով նրանք միմյանց հպվում են ոչ ամբողջ մակերևույթով (նկ.1), և եթե այդ մակերևույթներն արտաքին ուժի ազդեցության տակ տեղաշարժվում են միմյանց

հակառակ, ապա հիմնական աշխատանքը ծախսվում է խորդուբորդության հաղթահարման վրա: Հսկման տեղամասերում ծախսվում է մեծ քանակությամբ էներգիա, ինչի հաշվին նյութը կարող է գտնվել ցանկացած ագրեգատային վիճակում: Հետևաբար՝ հսկման տեղամասերում կարող են ընթանալ մեխանիկական, ֆիզիկական և քիմիական փոխազդեցություններ, որի արդյունքում ընդարձակվում են հավող մակերևույթները, այսինքն՝ ավելանում են միջմոլեկուլային և միջատոմային ուժերը: Որոշ ժամանակ անց կարող են ստացվել իդեալական հարթ մակերևույթներ, այս դեպքում պինդ մարմինների վրա ծախսվող էներգիան հիմնականում կծախսվի միջմոլեկուլային ուժերի հաղթահարման վրա, բացի այդ որոշակի հանգամանքներում կարող են ընթանալ դիֆուզիոն գործընթացներ [4]:



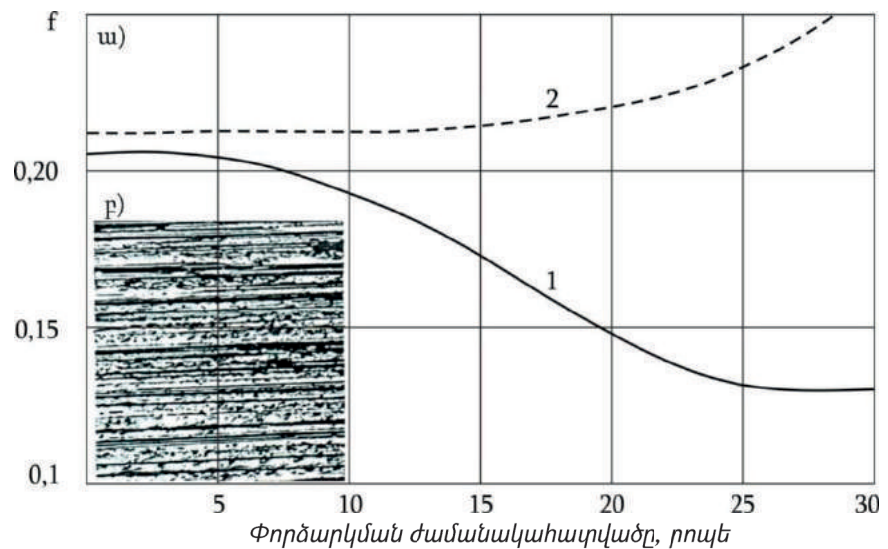
Նկ. 1. Շփման ժամանակ մակերևութային շերտի ջերմաստիճանային դաշտը (ա) և ջերմաստիճանի բաշխումը մակերևութային շերտի խորությամբ (բ)

Շփման հանգույցների համար նյութերի ընտրման կամ նախագծման ժամանակ որպես հիմնական չափանիշներ ընդունվում են շփման գործակիցը և մաշումը: Ինչ վերաբերում է արտաքին բեռնվածությանը, սահքի արագությանը, ջերմաստիճանին, միջավայրին և այլն, ապա դրանք դիտարկվում են որպես երկրորդային գործոններ: Շփման հանգույցը կաշխատի նորմալ, եթե շփման գործակցի արժեքը փոքր է, այսինքն, եթե ստեղծված են շփման մակերևույթների միջև փոխազդեցության ուժերը փոքրացնող պայմաններ: Այդ դեպքում մաշում տեղի կունենա միայն գործող ցիկլիկ լարումների հետևանքով առաջացած նյութի հոգնածության պատճառով:

Հետազոտության արդյունքները: Շփման ընթացքում մակերևութային թաղանթն առաջանում է հարմարաբերման գործընթացի ժամանակ: Շփման մակերևութին երկրորդային կառուցվածքների առաջացման հետ մեկտեղ շփման գործակիցը նվազում է (նկ. 2), իսկ կայուն թաղանթի առաջացման ժամանակ՝ կայունանում (կոր 1): Թաղանթի ընդհանուր մակերեսը (S), ներկայացնում է երկրորդ ֆազի հատիկների (m) գումարային մակերևույթը (S_i).

$$S = \sum_{i=1}^m S_i: \quad (1)$$

Այս կախվածությունը գրաֆիկորեն պատկերված է նկ.3-ում: Հետագա հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ հատիկները պետք է ունենան օպտիմալ չափսեր, քանի որ չափից դուրս մանրահատ կառուցվածքի դեպքում թաղանթի ամրությունն ընկնում է, և նկատվում է մեծ մաշվածություն (նկ. 3):



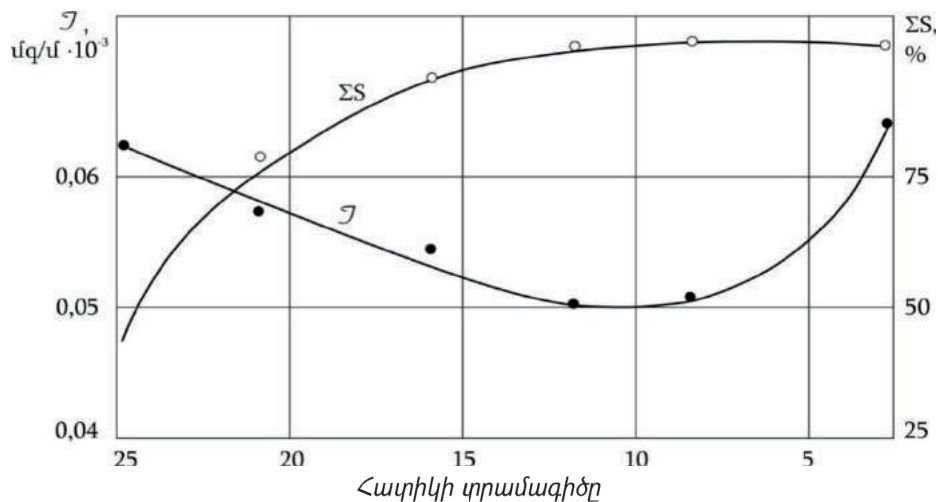
Նկ. 2. Շիման գործակցի փոփոխությունը կախված փորձարկման տևողությունից (չոր շիում, $Q=1$ ՄՊա, $V=1$ մ/վ,

1.- $4\%Cu+1,8\%Mg+1,2\%Cr+4,5\%MoS_2+Al_{50}$, 2.- $4\%Cu+1,8\%Mg+1,2\%Cr+Al_{50}$)

Ինչպես երևում է նկ. 3-ից, երկրորդ ֆազի հատիկների օպտիմալ չափսերը տատանվում են 5-15 մկմ սահմաններում: Երկրորդային կառուցվածքները փոխազդում են հիմնական ֆազի մակերևույթի հետ և առաջացնում 0,05 մկմ հաստությամբ թաղանթներ, այդպիսով ապահովելով նյութի աշխատունակությունը, քանի որ նման հաստության դեպքում կողմնորոշված ատոմների մոնոշերտերի քանակը կարող է հասնել մի քանի տասնյակի: Գրաֆիտի համար այն կազմում է 70-80, իսկ մոլիբդենի դիսուլֆիդի համար 30-40 [5]: Թաղանթի ամրությունը գնահատվում է մակերևութային լարվածությամբ [6]:

$$\sigma = 5,64 \cdot 10^4 \cdot (\rho/A)^{4/3}, \quad (2)$$

որտեղ ρ –ն մետաղի խտությունն է, A –ն՝ ատոմային զանգվածը:



Նկ. 3. Մաշման (I) և երկրորդային կառուցվածքի գումարային մակերևույթի (ΣS) փոփոխությունը՝ կախված երկրորդ ֆազի հատիկայնությունից

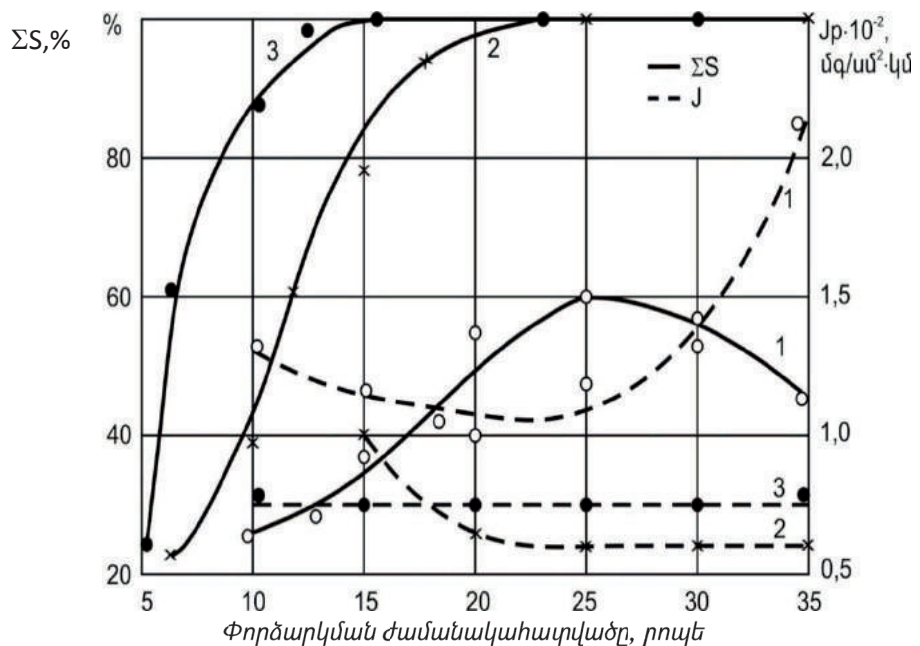
Թաղանթի ամրությունը մեծանում է, եթե երկրորդ ֆազը ձևավորող նյութում առկա է տարր կամ տարրեր, որոնց ատոմների չափսերը ($r_{1,\Phi}$) հիմնական ֆազի տարրերի ատոմների չափսերի հետ (r_0) հարաբերվում են հետևյալ կերպ [7, 8]՝

$$r_{II,\Phi}/r_0 \leq 0,59: \quad (3)$$

Գրաֆիտը մոլիբդենի մակերևույթին առաջացնում է ավելի ամուր թաղանթ, քան ալյումինի, քանի որ առաջին դեպքում $r_{\text{գր}}:r_{\text{Mo}}=0,55$, իսկ երկրորդ դեպքում $r_{\text{գր}}:r_{\text{Al}}=0,62$:

Մակերևութային թաղանթների առաջացման գործընթացը պայմանավորված է նաև արտաքին գործոններով (P,V), որոնք արագացնում են մաշումը: Փոքր բեռնվածությունների և սահքի արագությունների դեպքում թաղանթի ձևավորման ժամանակահատվածը մեծանում է: Մեծ բեռնվածությունների դեպքում նյութի հիմքը ենթարկվում է պլաստիկ դեֆորմացիայի, և թաղանթը քայքայվում է: Շփվող մակերևույթների միջև առաջանում են միջմոլեկուլային և միջատոմային ուժեր, հետևաբար՝ ակտիվանում են դիֆուզիոն գործընթացները, և նյութը կորցնում է աշխատունակությունը:

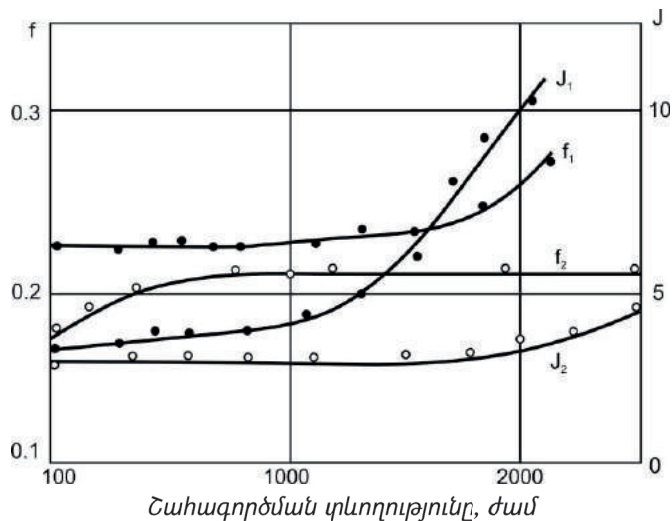
Հետազոտվել է նաև ալյումինային հակաշփական նյութերի ֆազային բաղադրության ազդեցությունը երկրորդային կառուցվածքների ձևավորման գործընթացի վրա (նկ.4): Պինդ քսանյութերի փոքր պարունակության դեպքում (<15% ծավալային) թաղանթը ձևավորվում է ոչ ամբողջ մակերևույթի վրա: Պինդ քսանյութերի ավելցուկային պարունակությունը (>25%) բացասական է ազդում ֆիզկա-մեխանիկական հատկությունների վրա:



Նկ. 4. Ֆազային բաղադրության ազդեցությունը երկրորդային կառուցվածքների առաջացման մեխանիզմի վրա ($4\%Cu+1,8\%Mg+1,2\%Cr+4,5\%MoS_2+Al_{0,8}$, $Q=1$ ՄՊա, $V=1$ մ/վ, չոր շփում)։ 1- $MoS_2=10$ ծավ.%, 2- $MoS_2=20$ ծավ.%, 3- $MoS_2=30$ ծավ.%

Որոշակի հետաքրքրություն է ներկայացնում երկրորդային կառուցվածքների քիմիական բաղադրությունը, որն անալիզի ներկա մեթոդներով (ռենտգենաֆազային, միկրոռենտգենասպեկտրալ, էլեկտրոնագրաֆիական և այլն) պարզել չհաջողվեց՝ շերտերի փոքր հաստության պատճառով։ Այդ իսկ պատճառով կատարվել են նմուշների համեմատական հետազոտություններ, որոնց բաղադրության մեջ բացակայում են երկրորդային կառուցվածքները (պինդ քսանյութեր)։ Ինչպես երևում է նկ.2 (բ)-ից, այդ նյութերի շփման մակերևույթներում բացակայում են երկրորդային կառուցվածքները։ Անհրաժեշտ է նշել, որ f և l արժեքները այնքան փոքր են, որքան մեծ է c/α հարաբերությունը։ Դա բացատրվում է նրանով, որ հեքսագոնալ բյուրեղավանդակ ունեցող նյութերում բյուրեղների հարթությունների միջև սահըլ տեղի է ունենում փոքր ուժերի ազդեցության ներքո [8]։

Եռաֆազ նյութերում շփման մակերևույթներին երկրորդային կառուցվածքների առաջացման մեխանիզմը նույնն է, ինչ երկֆազ նյութերում, բայց եռաֆազ հսկաշփական նյութերի մակերևույթներին առաջացած թաղանթների երկարակեցությունը և աշխատունակությունը երկու և ավելի անգամ մեծ է, քան երկֆազ համաձուլվածքների մակերևույթներին առաջացած թաղանթներինը (նկ. 5), որն ապահովվում է ի հաշիվ երրորդ ֆազի (կարծր մասնիկների)։



Նկ. 5. Երկֆազ և եռաֆազ ալյումինային հակաշփական փոշեհամաձուլվածքների շփական հատկությունների կախվածությունը շահագործման փուլայինությունից. (1.-4%Cu+4,5%MoS₂+Al₂O₃, 2.-4%Cu+1,8%Mg+1,2%Cr+4,5%MoS₂+Al₂O₃, Q=1 ՄՊա, V=1 մ/վ, չոր շփում Q=1 ՄՊա, V=1 մ/վ, չոր շփում)

Չոր շփման պայմաններում աշխատող հետերոգեն կառուցվածքով նյութերում մաշվածությունը և շփման գործակիցը փոքրացնող բաժանարար թաղանթների առաջացմանը նպաստում է պինդ քսուքի սահքի ցածր լարումը: Սահքը կարող է տեղի ունենալ հետևյալ պայմանի դեպքում.

$$P \cdot \cos(90 - \varphi) + F \geq Q_{\text{Սճ}} + \tau_G + \tau_t, \quad (4)$$

որտեղ $P=qk$ -ն միավոր մակերեսի վրա բեռնվածությունն է, q -ն՝ արտաքին բեռնվածությունն է մեկ միավոր կարծր ֆազի վրա, k -ն՝ կարծր ֆազերի քանակը միավոր մակերեսի վրա, F -ը՝ շփման ուժը, $Q_{\text{Սճ}}$ -ը՝ քսուքային շերտի սահքի դիմադրությունը, α -ն՝ ընդհանուր մակերեսի բաժնեմասը, որտեղ տեղի է ունենում կամրջակների առաջացում, τ_t -ն՝ սահքի ժամանակ նյութի ամրացմամբ պայմանավորված բեռնվածությունը, τ_s -ն՝ ջերմաստիճանային լարումը:

Շփման զույգերի դեֆորմացումից խուսափելու համար բեռնումը պետք է իրականացվի առաձգական գոտում: Օգտվելով առաձգականության տեսությունից՝ կարող ենք գրել ուժի և դեֆորմացման միջև գոյություն ունեցող հետևյալ կապը՝

$$\varepsilon = 1,231 \sqrt{(q_i/E)^2 \cdot (1/R)}, \quad (5)$$

որտեղ ε -ը միավոր հատիկի վրա ազդող արտաքին q_i ուժի ազդեցության տակ մայրակի դեֆորմացումն է, E -ն՝ մայրակի առձգականության մոդուլը, R -ը՝ կարծր մասիկի տրամագիծը:

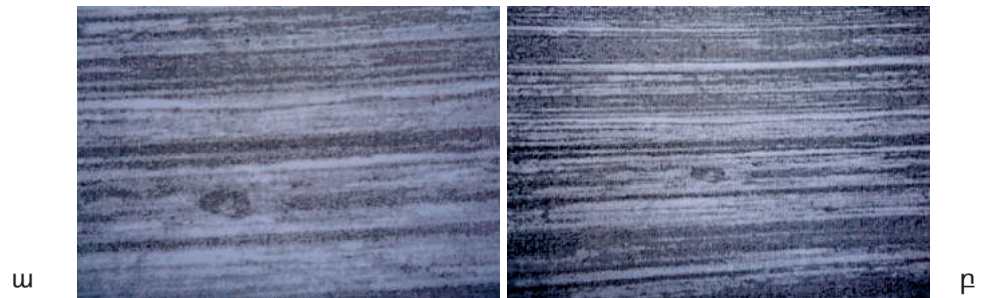
Շփման հանգույցում ընդհանուր թույլատրելի բեռնվածությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$Q = \frac{18d^2\alpha^2 l \sigma_{hu}^3}{E^2 \delta \pi^2 (1+f^2)}, \quad (6)$$

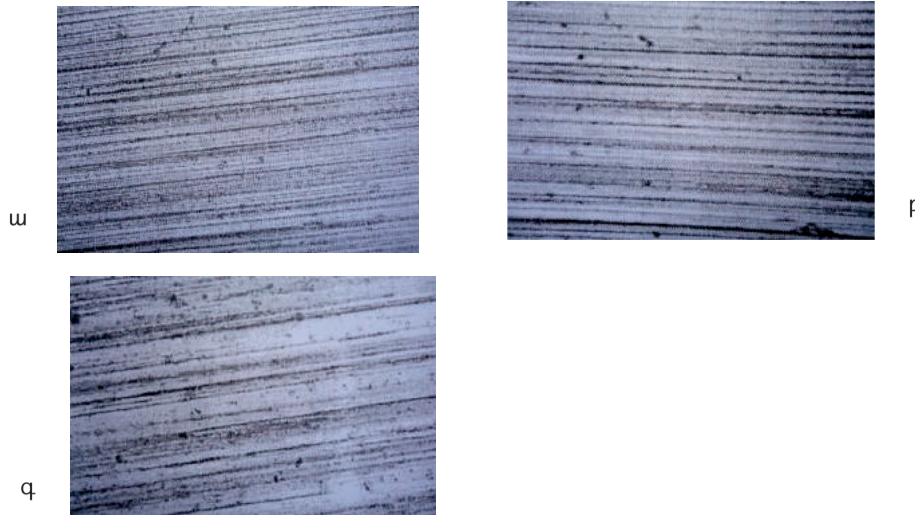
որտեղ d -ն գլանական մակերևույթի մակերեսն է, α -ն՝ միավոր մակերեսին ընկնող կարծր մասնիկների գումարային մակերեսը, l -ն՝ փաստացի կոնտակտի երկարությունը, σ_{hu} -ն՝ շփման գոտում տվյալ ջերմաստիճանում նյութի համաչափության սահմանը, E -ն՝ շփման գոտում տվյալ ջերմաստիճանում մայրակի առաձգականության մոդուլը, δ -ն՝ լիսեռի և իրանի միջև փոքրագույն բացակի մեծությունը, f -ը՝ շփման գործակիցը:

5 կգ բեռնվածության պայմաններում 4-5 րոպեի ընթացքում թաղանթի հաստությունը հասնում է մոտ 0,02 մմ: Աշխատանքի ընթացքում անընդհատ տեղի է ունենում մակերևութային թաղանթի քայքայում և մայրակի նյութի նոր շերտերի և միջավայրի փոխազդեցությունից նոր թաղանթների առաջացում: Բեռնվածության ու սահքի արագության մեծացումով տեղի է ունենում թաղանթի արագ քայքայում, որը զուգակցվում է նյութի շատ արագ մաշումով: Ինչպես չոր, այնպես էլ սահմանային շփման պայմաններում թաղանթ է առաջանում նաև հակամարմնի վրա:

Շփման զույգերի մակերևույթներն ուսումնասիրվել են NEOPHOT-21 օպտիկական մանրադիտակի միջոցով, որը թույլ է տալիս ուսումնասիրել նյութի կառուցվածքը մինչև 1500 անգամ խոշորացման պայմաններում: Թաղանթն ունի անընդհատ կառուցվածք, հետևապես և մեծ երկարակեցություն (նկ. 6 և 7):



Նկ. 6. 4%Cu+1,8%Mg+1,2%Cr+4,5%MoS₂+Al_{0,8} բաղադրությամբ ալյումինային հակաշփական փոշեհամաձուլվածքի մակրոկառուցվածքը (x50), սահմանային շփում՝
ա) P=5 կգ, V=0,7 մ/վ (300 պր/րոպե) բ) P=5 կգ, V=1,2 մ/վ (500 պր/րոպե)



Նկ. 7. 4%Cu+1,8%Mg+1,2%Cr+4,5%MoS₂+Al₂O₃ բաղադրությամբ ալյումինային հակաշփական փոշեհամաձուլվածքի մակրոկառուցվածքը (x50), սահմանային շփում՝
ա) P=12 կգ, V=0,7 մ/վ (300 պր/րոպե) բ) P=9 կգ, V=1,2 մ/վ (500 պր/րոպե) գ) P=7 կգ, V=2,4 մ/վ (1000 պր/րոպե)

Եզրակացություն: Համալիր հետազոտությունների արդյունքում մշակվել է նոր հակաշփական նշանակության փոշեհամաձուլվածք, որը բաղկացած է լուծման և ինտերմետաղական ֆազերով ամրացման մեխանիզմով դիսպերս կարծրացող ալյումինային մայրակից և MoS₂ պինդ քսանյութի մասնիկներից, ինչը հնարավորություն է ստեղծում նմուշի խորությամբ առաջացնել մեխանիկական հատկությունների դրական գրադիենտ, որը երկրորդային կառուցվածքի առաջացման արդյունք է:

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. О взаимном схватывании металлов при высоких температурах под давлением / **Я.Е. Гегузин, И.В. Крагельский, Л.Н. Парицкая** // О природе схватывания твердых тел.-М.: Наука, 1968.- С. 5-8.
5. **Любарский И.М., Палатник Л.С.** Металлофизика трения.- М.: Металлургия, 1976.- 175 с.
6. **Семенченко В.К.** Поверхностные явления в металлах и сплавах.- М.: Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1957.- 491 с.
7. **Буйнов Н.Н., Мальцев М.В., Фридляндер И.Н.** Металловедение алюминия и его сплавов. 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Металлургия, 1983.- 280 с.
8. Физическое металловедение / Под ред. **Р.У. Кана, П.Т. Хаазена.**- В 3-х Т.-Т.-3: Физико-механические свойства металлов и сплавов / Пер. с англ.- М.: Металлургия, 1987.- Т. 3.- 663 с.

С.Г. АГБАЛЯН, В.Г. ВАРДАНЫАН

ВЛИЯНИЕ ВТОРИЧНОЙ СТРУКТУРЫ АЛЮМИНИЕВОГО ПОРОШКОВОГО СПЛАВА НА АНТИФРИКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА

Исследован механизм образования вторичной структуры при трении алюминиевого порошкового сплава следующего состава: 4%Cu+1,8%Mg+1,2%Cr+ +4,5%MoS₂+Al_{ост.}. Из результатов исследования следует, что образование пленки связано как с химическим составом и фазами антифрикционных материалов, так и с внешними факторами, особенно давлением и скоростью.

Ключевые слова: порошковый алюминиевый сплав, антифрикционный материал, вторичная структура, пленка, фаза, давление, скорость, трение, износ.

S.G. AGHBALYAN, V.G. VARDANYAN

THE IMPACT OF SECONDARY STRUCTURE OF ALUMINUM POWDER ALLOY ON ANTI-FRICTION PROPERTIES

The mechanism of formation of secondary structure at the friction of aluminum powder alloy of the composition 4% Cu + 1,8% Mg + 1,2% Cr + 4,5% MoS₂ + Alres is investigated. The investigation results show that the formation of the film is connected with both the chemical composition and phases of anti-friction materials, and with the external factors, especially pressure and speed.

Keywords: aluminum powder alloy, friction reducing agent, secondary structure film, phase, pressure, velocity, friction, wear.

ՀՏԴ 621.762:621.791.76.03

Ա.Ռ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ

ԿՈՆՏԱԿՏԱՅԻՆ ԵՌԱԿՑՄԱՆ ԷԼԵԿՏՐՈՂՆԵՐԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԸ, ՕԳՏԱԳՈՐԾՎՈՂ ՀԱՄԱՁՈՒԼՎԱԾՔՆԵՐԸ, ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ ԵՎ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԸ

Ուսումնասիրվել են կոնտակտային եռակցման էլեկտրոդների աշխատանքային պայմանները, օգտագործվող համաձուլվածքները և բնութագրերը: Ցույց է տրված, որ բարձր էլեկտրահաղորդականություն ապահովելու համար որպես մայրակի նյութ նպատակահարմար է ընտրել պղինձը, իսկ բարձր ամրություն և ջերմակայունություն կարելի է ապահովել միայն դիսպերս մասնիկներով կարծրացման կամ դիսպերս հատիկներով ամրացման միջոցով: Պղնձի հիմքով վիճակի դիագրամների ուսումնասիրման արդյունքում որպես լեգիրող կոմպոնենտներ ընտրվել և հիմնավորվել են Ni-ը, Si-ը և Cr-ը:

Առանցքային բառեր. կոնտակտային եռակցում, էլեկտրոդ, դիսպերս կարծրացում, դիսպերս ամրացում, փոշեկոմպոզիտային նյութ, պինդ լուծույթ, ինտերմետաղական ֆազ:

Ներածություն: Ժամանակակից տեխնիկայի զարգացմանը զուգընթաց մեծ տեղ է հատկացվում հատկապես բարձրամուր և ֆունկցիոնալ նշանակության կոմպոզիտային նյութերին (ԿՆ): Այս տեսակետից առավել ուշագրավ են մետաղական