

Ս.Գ. ԱՂԲԱԼՅԱՆ, Գ.Ա. ՎԱՍԻԼՅԱՆ, Ա.Ռ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ

Cu+1,0%Cr+0,8%Zr+10%Cu₂ ԲԱՂԱԴՐՈՒԹՅԱՄԲ ՓՈՇԵԿՈՄՊՈԶԻՏԱՅԻՆ

ՆՅՈՒԹԻ ՖԻԶԻԿԱՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ

ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ

Ուսումնասիրվել են Cu+1,0%Cr+0,8%Zr+10%Cu₂ բաղադրությամբ փոշեկոմպոզիտային նյութի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները: Ցույց է տրվել, որ ծակոտկեն մամլվածքի տաք արտամղումն ապահովում է գործնականում անծակոտկեն կառուցվածք և բարձր մեխանիկական հատկություններ՝ $\sigma_{\theta} = 350...360$ ՄՊա, HB = 1200...1300 ՄՊա: Կոմպոզիտային նյութի տաք արտամղման ժամանակ մետաղաթելքի հատկությունները մայրակի նյութում օգտագործվում են ամբողջությամբ: Տաք արտամղումը բարձրացնում է «մետաղաթելք-մայրակ» կոնտակտային ամրությունը, կոդմնորոշում և վերաբաշխում է մետաղաթելքը մայրակում՝ պլաստիկ դեֆորմացման ուղղությամբ: Արդյունքում՝ մետաղաթելքի դեֆորմացումը և ծավալային պարունակությունն ազդում են կոմպոզիտային նյութի ամրության, ջերմահաղորդականության և էլեկտրահաղորդականության վրա՝ նշանակալիորեն բարձրացնելով դրանք:

Առանցքային բառեր. փոշեկոմպոզիտային նյութ, ամրանավորում, ջերմամաշակում, դիսպերս կարծրացում, ամրություն, կարծրություն, մածուցիկություն, ջերմակայունություն, էլեկտրահաղորդականություն:

Ներածություն. 21-րդ դարում տեխնիկական առաջընթացն անհնար է պատկերացնել առանց նոր նյութերի ստեղծման, որոնցից պահանջվում է բարձր ամրություն, կարծրություն, ջերմակայունություն, հրամրություն, հրակայունություն, տեսակարար ամրություն, կոռոզիակայունություն, ջերմահաղորդականություն, էլեկտրահաղորդականություն և այլն: Այս նյութերի ստեղծման բնագավառում մեծ հետաքրքրություն են ներկայացնում դիսպերս մասնիկներով կարծրացող և դիսպերս հատիկներով ամրացվող մետաղական հիմքով կոմպոզիտային նյութերը, որոնցից առաջինում դիսպերս մասնիկների չափերը տատանվում են 10...100 նմ, իսկ ծավալային պարունակությունը՝ 1...15 ծավ.%, մինչդեռ երկրորդում դիսպերս հատիկների չափերը գերազանցում են 1,0 մկմ-ը, իսկ ծավալային պարունակությունը՝ մոտավորապես 25 ծավ.%. Հատկությունների բազմազանության տեսանկյունից առավել հետաքրքիրն են մետաղական թելքերով ամրանավորված կոմպոզիտային նյութերը, որոնց մեջ մետաղական թելքերի տրամագիծը տատանվում է 1,0 մկմ-ի մասերից մինչև մի քանի տասնյակ և հարյուր մկմ, իսկ ծավալային պարունակությունը՝ մի քանի %-ից մինչև 70 ծավ. % և ավելի [1, 2]:

Մետաղական թելքերով ամրանավորված կոմպոզիտային նյութերի առանհատկությունն այն է, որ դրանք օժտված են բարձր ամրացման գործակցով, իսկ կառուցվածքային տեսակետից՝ ամրանավորող ֆազի մեկ չափը մեծ է, մինչդեռ մյուս երկու խմբերի կոմպոզիտային նյութերում ամրացնող մասնիկները համարյա հավասարառանցք են: Կոմպոզիտային նյութերի հատկությունները խիստ կերպով կախված են բովախառնուրդի մեջ ավելացված դիսպերս հատիկների տրամագծից, մետաղաթելքերի l/d հարաբերությունից, ինչպես նաև ջերմային մշակման ընթացքում մայրակից անջատված դիսպերս մասնիկների չափերից:

Կոմպոզիտային նյութերի ստացման բնագավառում փոշեմետալուրգիան ունի լայն հնարավորություններ և հեռանկարային մեթոդներից մեկն է: Այսպիսի նյութերը պետք է ունենան անձակոտկեն կառուցվածք և բարձր ֆիզիկա-մեխանիկական հատկություններ, որոնք գործնականորեն հնարավոր է ապահովել տաք արտամղման և ջերմային մշակման միջոցով [3-6]: Նշված նյութերը մեծ կիրառություն են ստացել կոնտակտային եռակցման էլեկտրոդների պատրաստման բնագավառում, որոնցից առաջին հերթին պահանջվում է բարձր էլեկտրահաղորդականություն և ջերմակայունություն:

Ելնելով վերը նշվածից՝ հետազոտության նպատակն է ուսումնասիրել բարձր էլեկտրահաղորդականությամբ և ջերմակայունությամբ օժտված, դիսպերս մասնիկներով (ֆազերով) կարծրացող և պղնձյա թելքերով ամրանավորված $Cu+1,0\%Cr+0,8\%Zr+10\%Cu_p$ բաղադրությամբ փոշեկոմպոզիտային նյութի ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունները:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը. Կոնտակտային եռակցման էլեկտրոդներն աշխատում են բարդ պայմաններում, հատկապես՝ մեխանիկական ուժերի և ջերմության ազդեցության տակ [7-9]: Կախված եռակցվող մետաղներից, նրա չափերից և սառեցման պայմաններից՝ էլեկտրոդի ծայրում ջերմաստիճանը բարձրանում է մինչև $600...700^{\circ}C$, իսկ տեսակարար ճնշումը՝ $300...400$ ՄՊա:

Ելնելով վերը նշվածից՝ էլեկտրոդներից պահանջվում է բարձր էլեկտրահաղորդականություն, լայն ջերմաստիճանային տիրույթում բարձր մեխանիկական հատկություններ, բավարար մաշակայունություն, բարձր ջերմահաղորդականություն, չեռակցվելու հատկություն եռակցվող մետաղի հետ բարձր ջերմաստիճաններում, որն առաջանում է «եռակցվող դետալ-էլեկտրոդ» սահմանում, կոռոզիակայունություն, շիկակայունություն և ցածր արժեք ու պարզ կառուցվածք: Այս հատկությունների ապահովման լավագույն նյութը պղինձը և նրա համաձուլվածքներն են, ինչպիսիք են՝ BpX և Mx տիպի բրոնզները (ГОСТ 18175-72): Mx մակնիշի բրոնզներից ամենամեծ հրամրությամբ օժտված են այն համաձուլվածքները, որոնց քիմիական բաղադրությունը համընկնում է քվադրիֆնար կտրվածքի եռակի և քառակի համակարգին, օրինակ, բրոնզ $Mx86$, պարունակությունը՝ $0,3...0,5\% Cr$,

0,2...0,35 % Zr: Համաշխարհային պրակտիկայում գոյություն ունեցող բրոնզներից այս դասին են պատկանում մելորի-3 (0,5% Cr-ին բրոնզ) և մելորի-22 (Cd-Zr, 1,2% Cd և 0,3% Zr) բրոնզները: Էլեկտրոդների նյութերից են նաև շիկակայուն բրոնզները, որոնք ամրանում են ջերմամեխանիկական մշակման միջոցով: Դրանք նախատեսված են չժանգոտվող և շիկակայուն պողպատների եռակցման համար:

Անձակոտկեն նմուշների ամրությունը, կարծրությունը և հարվածային մածուցիկությունը որոշվել են համապատասխանաբար ըստ ԳՈՍՏ 1412-85-ի, ԳՈՍՏ 9012-95-ի, ԳՈՍՏ 9013-95-ի և ԳՈՍՏ 9454-78-ի:

Մշակված փաշեհամաձուլվածքների ջերմահաղորդականությունը չափվել է ստացիոնար մեթոդով գլանաձև նմուշների վրա և հաշվարկել է

$$\chi = \frac{WL}{\Delta TS} \cdot \frac{q_{տ/Գ\cdot մ}}{}$$

բանաձևով [10], որտեղ χ -ն ջերմահաղորդականությունն է, W-ն՝ ջերմության քանակն ըստ ժամանակի միավորի, L-ը՝ նմուշի երկարությունը, ΔT -ն՝ նմուշի ջերմաստիճանային գրադիենտը, S-ը՝ նմուշի լայնական հատույթի մակերեսը:

Հետազոտության արդյունքները. Cu-Cr-Zr-Cu_բ բաղադրությամբ փոշեհամաձուլվածքների մեխանիկական փորձարկումների արդյունքները ցույց են տալիս, որ Zr-ի ու Cr-ի ավելացումը բարձրացնում է կարծրությունն ու ամրության սահմանը, բայց բացասաբար է ազդում պլաստիկության վրա հատկապես այն դեպքում, երբ Zr>0,6% և Cr>1,6%: Աղ. 1, 2 և 3-ում բերված են Cu-Cr-Zr-Cu_բ բաղադրությամբ փոշեհամաձուլվածքների մեխանիկական փորձարկումների արդյունքները:

Աղյուսակ 1

Անձակոտկեն Cu-Cr-Zr-Cu_բ համաձուլվածքների մեխանիկական հատկությունները՝ կախված Zr-ի բաղադրությունից, երբ Cr=1,0%, Cu_բ=10%

Zr-ի բաղադրությունը, %	Ջգման ամրության սահմանը՝ σ_s , ՄՊա	Հարվածային մածուցիկությունը՝ KCU, Ջ/սմ ²	Կարծրությունը՝ HB, ՄՊա
0,15	335,5	8,0	980
0,30	347,0	7,8	1030
0,60	359,1	7,5	1110
0,90	366,3	6,4	1180
1,10	370,0	5,5	1220

Cu-Cr-Zr-Cu_p անձակոտկեն համաձուլվածքի մեխանիկական հատկությունների կախվածությունը Cr-ի բաղադրությունից, երբ Zr=0,8%, Cu_p=10%

Cr-ի բաղադրությունը, %	Ձգման ամրության սահմանը՝ σ_d , ՄՊա	Հարվածային մածուցիկությունը՝ KCU, Ջ/սմ ²	Կարծրությունը՝ HB, ՄՊա
0,15	288,0	8,1	830
0,30	305,0	8,0	980
0,90	335,0	7,7	1050
1,50	347,0	7,1	1120
1,75	356,1	6,5	1210

Cu-Cr-Zr-Cu_p անձակոտկեն համաձուլվածքի մեխանիկական հատկությունների կախվածությունը Cu_p բաղադրությունից, երբ Zr=0,8%, Cr=1,0%, մնացածը՝ Cu

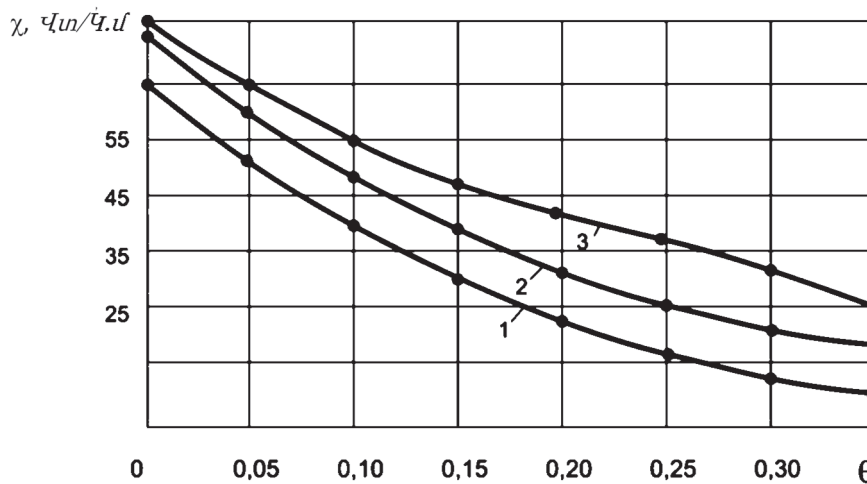
Cu _p -ի բաղադրությունը, %	Ձգման ամրության սահմանը՝ σ_d , ՄՊա	Հարվածային մածուցիկությունը՝ KCU, Ջ/սմ ²	Կարծրությունը՝ HB, ՄՊա
5,0	368,6	6,8	1350
7,5	364,7	7,2	1320
10,0	351,8	7,7	1210
12,5	347,2	8,0	1180
15,0	345,9	8,2	1050

Ինչպես տեսնում ենք, նմուշների ամրության սահմանը բավականին բարձր է՝ 340...400 ՄՊա: Zr-ի և Cr-ի պարունակության ավելացմամբ կարծրությունն ու ամրության սահմանը սկզբում մեծանում են, իսկ հետո կայունանում: Ինչպես երևում է աղ. 1, 2 և 3-ից, Cu-Cr-Zr-Cu_p համաձուլվածքի մեխանիկական հատկությունների օպտիմալ բաղադրություններն են՝ Zr=0,6...0,9%, Cr=1,0%, Cu_p=10%, մնացածը՝ Cu:

Մշակված փոշեհամաձուլվածքի ջերմահաղորդականությունը կազմում է 65-75 Վտ/Գ.սմ, այն դեպքում, երբ հայտնի է, որ պղնձի հիմքով կոնստրուկցիոն համաձուլվածքներինը կազմում է 30...50 Վտ/Գ.սմ [11]: Համեմատության կարգով որոշվել են ծակոտկեն և անձակոտկեն Cu-Cr-Zr-Cu_p համաձուլվածքների ջերմահաղորդականությունները: Նկ. 1-ում բերված է ջերմահաղորդականության կախվածությունը ծակոտկենությունից և թելքերի տոկոսային պարունակությունից: [12] աշխատանքում ներկայացված է ջերմահաղորդականության բանաձևային կախվածությունը ծակոտկենությունից՝ $\chi = \chi_0(1-\theta)^2$, որտեղ χ -ն ջերմահաղորդականության թվային բնութագիրն է որոշակի ծակոտկենության դեպքում, χ_0 -ն՝ ջերմահաղորդականու-

թյան թվային բնութագիրը անծակոտկեն համաձուլվածքի դեպքում, θ -ն՝ ծակոտկենությունը:

Ինչպես երևում է նկ. 1-ից, հաշվարկների և գիտափորձերի արդյունքները բավարար ճշտությամբ համընկնում են:

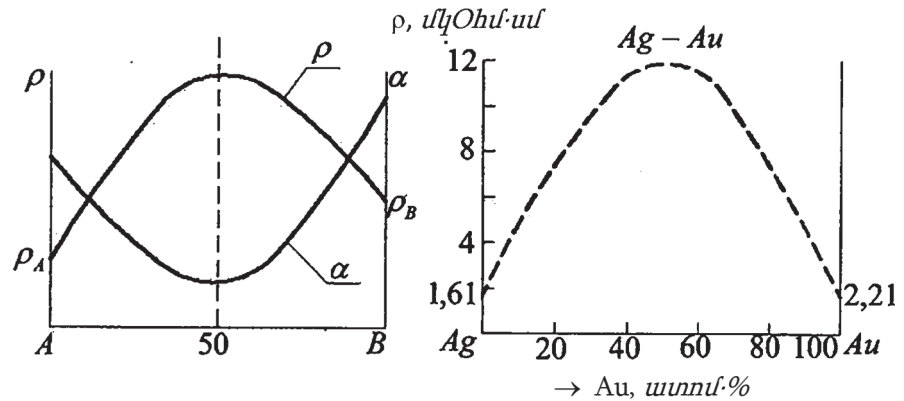


Նկ. 1. Cu-Cr-Zr-Cu_p համաձուլվածքի ջերմահաղորդականության կախվածությունը ծակոտկենությունից. 1- Cu_p=5 %, 2- Cu_p=10 %, 3- Cu_p=15 %

Կոնտակտային եռակցման էլեկտրոդների խիստ կարևոր հատկություն է էլեկտրահաղորդականությունը, որը հնարավորություն է տալիս ապահովել որակյալ եռակցում: Պիկո լուծույթի առաջացման ժամանակ մետաղի էլեկտրահաղորդականությունը նվազում է [13]: Սա ընդհանուր կանոն է նույնիսկ այն դեպքում, երբ ցածր էլեկտրահաղորդականություն ունեցող A մետաղում լուծվում է բարձր էլեկտրահաղորդականություն ունեցող B մետաղ: Դա բացատրվում է լուծիչ մետաղի բյուրեղային ցանցի աղավաղմամբ և, ըստ երևույթին, նաև քիմիական փոխներգործությամբ: Կուրնակովի և նրա աշակերտների ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ անսահմանափակ պինդ լուծույթներում լուծվող մետաղի բաղադրության բարձրացման հետ ρ -ն աճում է և հասնում իր մեծագույն արժեքին 50% (ատոմային) դեպքում (նկ. 2):

Ֆերոմագնիսական և ուժեղ պարամագնիսական մետաղների պինդ լուծույթները դրսևորվում են այլ կերպ: Նրանցում $\rho_{\max}$ կարող է առաջանալ 50 *ատ. %* տարբերվող արժեքի դեպքում: Օրինակ, միավալենտ մետաղների և անցումային մետաղների պինդ լուծույթների ρ -ն մեծ բաղադրությունների դեպքում չափազանց մեծ է, որը բացատրվում է նրանով, որ վալենտական էլեկտրոնները կարող են անցնել ավելի խորն ընկած չլրացված d կամ f ենթամակարդակները, որի հետևանքով հոսանք առաջացնող էլեկտրոնների թիվը կպակասի: Սա կարելի է

դիտել որպես քիմիական կապի ուժեղացում (անցումային մետաղի առկայության դեպքում):



Նկ. 2. Անսահմանափակ լուծելիությամբ պինդ լուծույթների էլեկտրական հատկությունների փոփոխությունը՝ կախված քիմիական բաղադրությունից [13]

Տաքացնելիս պինդ լուծույթների ρ -ն, որպես կանոն, աճում է, սակայն ոչ այնքան զգալի կերպով, որքան մաքուր մետաղների դեպքում: Էլեկտրադի-մադրության ջերմաստիճանային գործակիցը (α) միշտ փոքր է, քան մաքուր մետաղինը, և կախված բաղադրությունից՝ փոփոխվում է հաղորդականության համանմանությամբ: Համաձուլվածքի էլեկտրադիմադրությունը բաղկացած է երկու բաղադրիչից. առաջինը՝ լուծիչի տեսակարար էլեկտրադիմադրությունից, որը կախված է ջերմաստիճանից և աճում է նրա բարձրացմանը զուգընթաց, և երկրորդը՝ աղավաղում առաջացնող (որի հետևանքով՝ ρ -ն մեծացնող) կողմնակի ատոմի առկայությամբ բացատրվող տեսակարար էլեկտրադիմադրության բաղադրիչից, որը կախված չէ ժամանակից:

Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ տարբեր խառնուրդների 1 *ատ. %*-ի առաջ բերած ρ -ի աճը կախված է լուծիչի և խառնուրդի վալենտականությունների տարբերությունից: Որքան մեծ է այդ տարբերությունը, այնքան մեծ է էլեկտրադի-մադրությունը:

Երկու կամ ավելի ֆազերից բաղկացած համաձուլվածքի էլեկտրահաղորդականությունն արտաքին հայացքից պետք է հավասար լինի այդ ֆազերի էլեկտրահաղորդականությունների գումարին: Սակայն նման մոտեցմամբ էլեկտրահաղորդականության հաշվարկը հաճախ անհնար է, քանի որ համաձուլվածքի էլեկտրահաղորդականությունը կառուցվածքային առումով զգալուն հատկություն է: Առաջին հերթին, ինչպես և միաֆազ համակարգերում, նմուշի էլեկտրահաղորդականության վրա ազդում է հատիկի մեծությունը: Այդ ազդեցությունը կախված է ցանցի աղավաղումից և շատ փոքր է: Մեծ ազդեցություն ունի դիսպերսությունը,

հատկապես այն դեպքում, երբ երկրորդ ֆազի բյուրեղիկների մեծությունը համաչափ է էլեկտրոնների ազատ վազքի երկարությանը: Այս դեպքում տեղի է ունենում էլեկտրոնների լրացուցիչ ցրում երկրորդ ֆազի ներխառնուկներում: Առավելագույն աճ ստացվում է 1,0 նմ չափերի դեպքում, և ρ -ի աճը կազմում է 10...15 %

Որոշակի ազդեցություն է ունենում նաև նմուշի տեքստուրան: Հետերոգեն համաձուլվածքների նկատմամբ էլեկտրահաղորդականությունը որոշելիս կարելի է կիրառել ադիտիվության օրենքը, եթե անտեսենք վերը նշված գործոնները: Դա հնարավոր է միայն այն դեպքում, երբ համաձուլվածքը թրծված է, տեքստուրավորված չէ, կազմված է համառանցք համեմատաբար խոշոր հատիկներից և մոտավորապես հավասար է 0,75...1,75:

Հետերոգեն համաձուլվածքի ֆազերը կարող են լինել և՛ պարզ տարրեր, և՛ պինդ լուծույթներ, ինչպես մշակված համաձուլվածքինը:

Գումարելիության օրենքից զգալի շեղում է նկատվում էվտեկտիկական համաձուլվածքներում: Տեսակարար էլեկտրադիմադրության աճը, համեմատած նրան հարակից ոչ էվտեկտիկական համաձուլվածքների հետ, կազմում է մոտ 5% γ -ի, ինչպես նաև α -ի զգալի նվազումն արդյունք է միջֆազային սահմանների խիստ զարգացման, ինչպես նաև փոքր հաղորդականություն ունեցող ֆազերի ընդլայնական դասավորության:

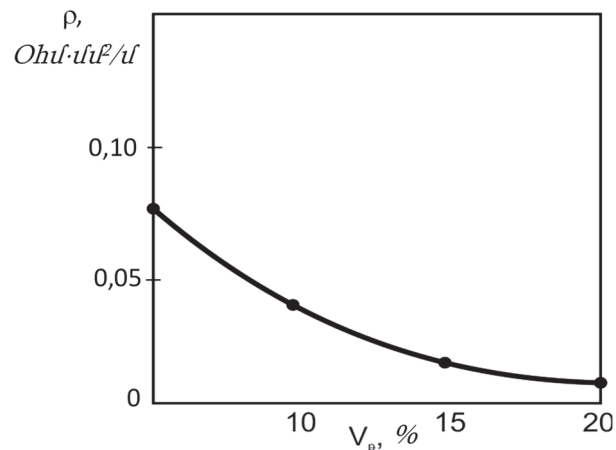
Այսպիսով, համաձուլվածքի էլեկտրահաղորդականությունը, ըստ բաղադրիչ ֆազի, կարելի է հաշվել, եթե հայտնի են յուրաքանչյուր ֆազի ծավալային պարունակությունը, նրանց բյուրեղիկների ձևը և փոխադարձ դասավորությունը: Հաշվարկը կատարվել է ըստ էլեկտրաստատիկայի օրենքների, և հաշվի չեն առնվել շատ փոքր մասնիկները, որոնցում էլեկտրոնների ցրումը շատ աննշան է:

$\text{Cu}+1,0\%\text{Cr}+0,8\%\text{Zr}+10\%\text{Cu}_\text{p}$ բաղադրությամբ կոմպոզիտային նյութի էլեկտրադիմադրությունը որոշվել է $\Phi 5 \times 60$ մմ չափերով գլանաձև նմուշների դեպքում երկգոնդային մեթոդով՝ լաբորատոր սարքավորման վրա: Քանի որ հոսանքի ուժը նմուշում (մինչև 250 մԱ) շատ փոքր է, հետևապես՝ նմուշի տաքացում, կարելի է ասել, տեղի չի ունենում, և այն կարելի է անտեսել: Նմուշների տեսակարար էլեկտրադիմադրությունները՝ ρ -ն, հաշվվել է՝ ելնելով ստացված տվյալներից նմուշի R_x տեղամասի վրա: Իմանալով S -կտրվածքը մմ²-ով և ℓ երկարությունը մմ-ով, ըստ Օհմի հայտնի բանաձևի կստանանք՝

$$\frac{R_x}{R_\omega} = \frac{U_x}{U_\omega}, \rho = R_x \cdot \frac{S}{\ell} = U_x \frac{S}{I\ell},$$

որտեղ U_x -ը նմուշի չափման տեղամասում լարվածության անկումն է, մՎ, I -ն՝ նմուշում հոսանքի ուժը, մԱ, ρ -ի ճշտության աստիճանը հիմնականում կախված է U_x -ից և S -ից: Իր հերթին՝ U_x -ի ճշտության աստիճանը կախված է պոտենցիալի

ճշտությունից, գալվոնոմետրից, զոնդի ցցաձողերի և նմուշի միջև կոնտակտների կատարելությունից, շրջապատող միջավայրի ջերմաստիճանի փոփոխությունից: Գումարելով հնարավոր շեղումները՝ կարելի է նշել, որ դրանք չափվում են 2...4% ճշտությամբ: Մշակված կոմպոզիտային նյութում տեսակարար դիմադրության կախվածությունը մետաղաթելի կոնցենտրացիայից բերված է նկ. 3-ում:



Նկ. 3. $\text{Cu}+1,0\%\text{Cr}+0,8\%\text{Zr}+\text{Cu}_\text{p}$ կոմպոզիտային նյութի տեսակարար էլեկտրադիմադրության կախվածությունը մետաղաթելի կոնցենտրացիայից

Մետաղական հիմքով կոմպոզիտային նյութերի էլեկտրադիմադրությունը, որոնք ամրանավորված են նույն ուղղությունն ունեցող անընդմեջ մետաղաթելերով, երբ չափումը կատարվել է մետաղաթելին զուգահեռ ուղղությամբ, ներկայացնում է ֆունկցիա՝ կախված բաղադրիչների էլեկտրադիմադրություններից և ծավալային պարունակությունից.

$$\rho_{\text{կ}} = f(\rho_{\text{ս}}, \rho_{\text{թ}}, V_{\text{թ}}) :$$

Այս դեպքում կոմպոզիտային նյութի տեսակարար էլեկտրադիմադրությունը կլինի [14]՝

$$\rho_{\text{կ}} = \frac{\rho_{\text{ս}}(T)\rho_{\text{թ}}(T)}{\rho_{\text{թ}}(T)(1-V_{\text{թ}})_{\text{թ}} + \rho_{\text{ս}}(T)V_{\text{թ}}},$$

որտեղ $\rho_{\text{ս}}(T)$ -ն և $\rho_{\text{թ}}(T)$ -ն մայրակի նյութի և մետաղաթելի տեսակարար էլեկտրադիմադրության ջերմաստիճանային կախվածություններն են: Բաղադրության ամբողջ տիրույթում (նկ. 3)-ի արժեքը համընկնում է փորձի արդյունքներին:

Եզրակացություն. Գիտափորձական հետազոտությունների արդյունքում ապացուցվել է, որ $\text{Cu}+1,0\%\text{Cr}+0,8\%\text{Zr}+10\%\text{Cu}_\text{P}$ բաղադրությամբ փոշեկոմպոզիտային նյութի կառուցվածքը քառաֆազ է: Այն բաղկացած է $\alpha\text{-Cu}$ -ից (Cr-ի և Zr-ի պինդ լուծույթը պղնձում), Cr-ի դիսպերս մասնիկներից, Cu_5Zr ինտերմետաղական ֆազից և պղնձի թելքերից: Ընդ որում, պինդ լուծույթի հիմքով մայրակն ապահովում է բարձր մեխանիկական հատկություններ ($\sigma_{\text{с}}=350\dots360 \text{ MPa}$, $\text{HB}=1200\dots1300 \text{ MPa}$) և ջերմակայունություն, իսկ պղնձյա թելքերը՝ բարձր ջերմահաղորդականություն ($\chi=70 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) և էլեկտրահաղորդականություն՝ պղնձի հաղորդականության $\approx 95\%$ -ը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Карпинос Д.М., Тучинский Л.И., Вишняков Л.Р.** Новые композиционные материалы. - Киев: Вища школа, 1977. - 312 с.
2. Современные композиционные материалы / Под ред. **И.Л. Светлова**. - М.: Мир, 1970. - 672 с.
3. **Манукян Н.В.** Технология порошковой металлургии. - Ереван: Айастан, 1986. - 232 с.
4. **Агбалиян С.Г., Петросян А.С., Амалиян Э.С., Василян Г.А.** Порошковые композиционные материалы, упрочненные волокнами // Порошковая металлургия. - Киев, 2001. - № 11-12. - С. 66-72.
5. **Աղբալյան Ս.Գ., Վասիլյան Գ.Ա., Աղբալյան Ա.Ս.** Պղնձի հիմքով ամրանավորված կոմպոզիցիոն նյութերի տաք արտամղման տեխնոլոգիական հիմունքների մշակումը // Տեղեկատվական տեխնոլոգիաներ և կառավարում. - Երևան, 2003. - N1. - էջ 134-141:
6. **Աղբալյան Ս.Գ., Վասիլյան Գ.Ա., Սարգսյան Ա.Ռ.** Ամրանավորված կոմպոզիցիոն նյութերի ստացման տեսական և տեխնոլոգիական առանձնահատկությունները // ՀՀ ԳԱԱ և ՀՊՃՀ Տեղեկագիր. ՏԳ սերիա. - 2012. - Հատ. LXV, №4. - էջ 335-345:
7. **Чулошников П.Л.** Точечная и роликовая электросварка легированных сталей и сплавов. - М.: Машиностроение, 1974. - 232 с.
8. **Слюзберг С.К., Чулошников П.Л.** Электроды контактной сварки. - Л.: Машиностроение, 1972. - 96 с.
9. **Кутковский С.И.** Электроды контактных электросварных машин. - Л.: Машиностроение, 1964. - 112 с.
10. **Микрюков В.Е.** Теплопроводность и электропроводность металлов и сплавов. - М.: Металлургиздат, 1965. - 260 с.
11. **Федорченко И.М., Пугина Л.И.** Композиционные спеченные антифрикционные материалы. - Киев: Наукова думка, 1980. - 404 с.
12. **Скорород В.В.** Физико-механические свойства пористых материалов // Порошковая металлургия-77. - Киев: Наукова думка, 1977. - С. 120-129.
13. **Աղբալյան Ս.Գ., Աբրյան Ա.Հ., Պետրոսյան Ա.Ա.** Մետաղների ֆիզիկա և դրանց ֆիզիկական հատկությունները. - Եր.: Ճարտարագետ, 2008. - 385 էջ:

14. Карпинос Д.М., Максимович Т.Г., Кадыров В.Х., Лютый Е.М. Прочность композиционных материалов.- Киев: Наукова думка, 1978.- 236 с.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 02.12.2016:

С.Г. АГБАЛЯН, Г.А. ВАСИЛЯН, А.Р. САРКИСЯН

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОШКОВЫХ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СОСТАВА
 $\text{Cu}+1,0\%\text{Cr}+0,8\%\text{Zr}+10\%\text{Cu}_\text{f}$**

Изучены физико-механические свойства высокопрочного композиционного материала состава $\text{Cu}+1,0\%\text{Cr}+0,8\%\text{Zr}+10\%\text{Cu}_\text{f}$. Показано, что экструзия пористых прессовок обеспечивается практически беспористой структурой и высокими механическими свойствами - $\sigma_\text{в}=350...360 \text{ МПа}$, $\text{HB}=1200...1300 \text{ МПа}$. В процессе экструзии композиционных материалов свойства металлических волокон в матрице практически полностью используются. Экструзия повышает контактную прочность "металлическая волокно – матрица", ориентирует и перераспределяет волокна вдоль направления пластической деформации. В результате деформация волокон и их объемное содержание положительно влияют на твердость композиционного материала, его теплопроводность и электропроводность, значительно повышая их.

Ключевые слова: порошковый композиционный материал, армирование, термообработка, дисперсное твердение, прочность, твердость, вязкость, теплостойкость, электропроводность.

S.G. AGHBALYAN, G.A. VASILYAN, A.R. SARKISYN

**INVESTIGATING THE PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF POWDER
COMPOSITE MATERIALS OF COMPOSITION $\text{Cu}+1,0\%\text{Cr}+0,8\%\text{Zr}+10\%\text{Cu}_\text{f}$**

The physical-mechanical properties of high strength composite material with a copper composition of $\text{Cu} + 1,0\% \text{Cr} + 0,8\% \text{Zr} + 10\% \text{Cu}_\text{f}$ are studied. It is shown that the extrusion of porous compacts is practically provided by porous structure and high mechanical properties $\sigma_\text{m} = 350 ... 360 \text{ MPa}$, $\text{HB} = 1200...1300 \text{ MPa}$. The properties of metallic fibers in the matrix are almost completely used during extrusion of composite materials. The extrusion improves the contact strength "metal fiber – matrix", orients and redistributes the fibers along the direction of the plastic deformation. As a result, the deformation of fibers, and their volumetric content positively affect the hardness of the composite material, increasing its electrical and thermal conductivity, significantly increasing them.

Keywords: composite powder, heat treatment, particulate hardening, reinforcement, strength, hardness, heat resistance, electrical conductivity, viscosity.